

50-я Международная молодёжная научная конференция

50th Gagarin Science Conference

«Гагаринские чтения — 2024»

Сборник тезисов докладов

**Москва
2024 г.**

УДК 629.7.01
ББК 39.6я43
С23

С23 Сборник тезисов работ международной молодежной научной конференции Л Гагаринские чтения 2024. — М.: Издательство «Перо», 2024. — 9,43 Мб. [Электронное издание].

ISBN 978-5-00244-565-3

Международная молодёжная конференция «Гагаринские чтения» в 2024 году прошла в 50-й раз. Конференция является площадкой для обсуждения научных исследований молодых учёных в области инновационных высокотехнологичных технологий по аэрокосмическому направлению. Выступление в научных секциях конференции для многих участников является шагом к написанию кандидатской диссертации, возможностью рассказать о своих научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах, узнать о трендах и достижениях других организаций.

Конференция проходит по 9 направлениям:

- авиационные системы;
- авиационные, ракетные двигатели и энергетические установки;
- системы управления, информатика и электроэнергетика;
- информационно-телекоммуникационные технологии авиационных, ракетных и космических систем;
- ракетные и космические системы;
- робототехника, интеллектуальные системы и авиационное вооружение;
- математические методы в аэрокосмической науке и технике;
- новые материалы и производственные технологии в области авиационной и ракетно-космической техники;
- экономика и менеджмент предприятий аэрокосмического комплекса.

Цели конференции:

- развитие навыков научно-исследовательской работы и приобретение опыта публичных выступлений с научными докладами студентами, аспирантами и молодыми учёными;
- обсуждение и решение текущих задач авиационной, ракетно-космической и оборонной отраслей, выявление новых научно-технических результатов в высокотехнологичных областях;
- вовлечение молодёжи в научно-исследовательскую работу;
- обсуждение приоритетных задач развития высокотехнологичных отраслей в среднесрочной и долгосрочной перспективе;
- обсуждение перспективных направлений развития высокотехнологичных отраслей, в том числе с целью реализации приоритетов научно-технологического развития в соответствии с подпунктами «а», «б», «с» пункта 20 Стратегии научно-технологического развития России, утвержденную Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642;
- обмен опытом между профильными научными, производственными предприятиями, вузами авиакосмического комплекса России, ближнего и дальнего зарубежья с привлечением учёных, специалистов, научных сотрудников, аспирантов, студентов и различных представителей научного сообщества;
- определение новых «точек роста» и прорывных направлений развития авиации и космонавтики;
- профессиональная ориентация учащихся средних образовательных учреждений с целью привлечения их к инженерной деятельности и к поступлению в технические вузы страны.

Проведение конференции способствует развитию авиационной и ракетно-космической науки и промышленности на всей территории России и стран зарубежья, а также установлению международных отношений.

Тезисы участников конференции публикуются в сборнике на русском языке, который постатейно размещается в электронной библиотеке и входит в Российский индекс научного цитирования.

Также в рамках конференции будет проведена междисциплинарная англоязычная секция для иностранных студентов, обучающихся в технических университетах России.

Заседания конференции проводятся как на основной площадке МАИ в г. Москве, так и в филиалах вуза "Стрела", "Взлёт" и "Восход" в городах Жуковский, Ахтубинск и Байконур (Республика Казахстан).

В рамках конференции проводятся также школьные секции, в которой принимают участие со своими проектами учащиеся школ Москвы и Московской области.

УДК 629.7.01
ББК 39.6я43

ISBN 978-5-00244-565-3

© Авторы статей, 2024

Участникам и гостям 50-ой Международной молодёжной научной
конференции «Гагаринские чтения»

Уважаемые участники и гости!

Рад приветствовать вас на 50-й Международной молодёжной научной конференции «Гагаринские чтения»!

Вы выбрали для себя самую увлекательную стезю в мире — профессию исследователя и изобретателя. Наука и инженерное творчество откроют перед вами новые горизонты и карьерные возможности. А МАИ вам в этом поможет. 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 50-я Международная молодёжная научная конференция «Гагаринские чтения» в стенах МАИ станет для вас тем стартовым полем, с которого начнётся ваш взлёт к новым научным достижениям.

С уважением,
и.о. проректора по научной работе



Ю.А. Равикович

Оглавление

Направление №1 Авиационные системы	5
Направление №2 Авиационные, ракетные двигатели и энергетические установки	57
Направление №3 Системы управления, информатика и электроэнергетика	135
Направление №4 Информационно-телекоммуникационные технологии авиационных, ракетных и космических систем	340
Направление №5 Ракетные и космические системы.....	380
Направление №6 Робототехника, интеллектуальные системы и авиационное вооружение.....	451
Направление №7 Математические методы в аэрокосмической науке и технике	468
Направление №8 Новые материалы и производственные технологии в области авиационной и ракетно-космической техники.....	512
Направление №9 Экономика и менеджмент предприятий аэрокосмического комплекса	614
Направление №11 International session (in English)	807
Направление №12 Филиал «Восход» (г. Байконур).....	820
Направление №13 Филиал «Взлёт» (г. Ахтубинск)	854
АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	877

Направление №1 Авиационные системы

Секция №1.1 Аэродинамика, динамика и управление полётом ЛА

Имитационная модель динамики пространственного движения самолёта, учитывающая функционирование гидравлической системы самолёта

Мальченко А.А., Федотов А.А., Хатунцев Я.Г.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Костин П.С.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Тяжелый сверхзвуковой бомбардировщик — сложная машина, ГС которой состоит из трех самостоятельных систем: первой, второй и третьей ГС, давление в которых создается двумя насосами с приводом от двигателей.

Данный летательный аппарат также оснащается гидромеханическими рулевыми приводами (РП), которые представляют собой сложные комплексы, работающие за счет энергии, создаваемой сложной гидравлической системой (ГС) самолета. В подавляющем большинстве случаев, отказы исполнительных элементов системы управления приводят к потере управления самолетом и значительному снижению уровня безопасности полетов.

Учитывая, что исследование влияния особенностей работы ГС на систему управления тяжелого самолета является трудоемкой и экономически затратной задачей, актуально проводить данные исследования с помощью моделирования на пилотажном стенде.

Исходя из современных возможностей, было принято решение разработать Simulink-модели гидравлической системы для оценки ее влияния на функционирование системы управления сверхзвукового бомбардировщика с изменяемой стреловидностью крыла, путем имитационного и полунатурного моделирования на пилотажном стенде.

Для достижения цели исследования были решены следующие задачи:

1. Разработана имитационная модель гидравлической системы самолета для управления в продольном и поперечном каналах.
2. Разработан мнемокадр функционирования гидравлической системы самолета.
3. Проведена оценка эффективности разработанных моделей путем имитационного и полунатурного моделирования.

В рамках решения первой задачи, была разработана и интегрирована в модель ДД самолета [1] имитационная simulink-модель контура питания ГС и потребителей в продольном канале, которая включает в себя три ГС, обеспечивающие перемещение двухкамерного рулевого привода РП-63А.

Для правильного функционирования модели, необходимо было проанализировать математические выражения, заложенные в элементы библиотеки Simhydraulic из которых была разработана имитационная модель ГС. Данные математические выражения позволяют закладывать в модель достаточное количество параметров [2] для достоверной оценки влияния ГС на модель динамики движения самолета.

Гидравлическая система самолета Ту-22М3 отвечает за работоспособность многих гидравлических устройств, которые обеспечивают летную эксплуатацию самолета.

Поэтому в рамках решения второй задачи было принято решение разработать с помощью программного продукта Adobe® Flash мнемокадры [3], которые отражают основные параметры функционирующей ГС и информацию о работоспособности элементов самолетов, которые зависят от ГС.

Для оценки влияния разработанной модели ГС на модель динамики движения самолета Ту-22М3 в продольном канале были реализованы режимы захода на посадку по глиссаде при отклонениях от номинального режима работы данной ГС и при различной массе с пониженным давлением в ГС. В целях анализа влияния ГС в поперечном канале было проведено имитационное моделирование на основе существующей модели НЛ,

обеспечивающей движение по заданной траектории полета, при возникновении падения давления в магистрали нагнетания в одном из рулевых приводов, оказывающих воздействие на консоли стабилизатора

Разработанная Simulink-модель может быть рекомендована для использования при проведении полунатурных и имитационных моделирований в целях исследования влияния ГС на параметры движения самолета и управляющие действия летчика при моделировании различных режимов полета.

Список используемых источников:

1. Мальченко. А. А., Федотов А. А., Верещиков Д. В., Костин П. С и др. Имитационная модель динамики полета сверхзвукового самолета с изменяемой стреловидностью крыла: отчет о НИР, шифр «Модель ДБ» // Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА». — 2022. — 167 с.
2. Техническая справка №2022-33 по результатам изменения изгибающих моментов по крылу, фюзеляжу, изгибающих и шарнирных моментов по стабилизатору объекта 45.03М № 8301 на режимах симметричных маневров, выполненных по пункту 4.2.30.3 Программы № АМ-5274-2017.
3. Е.А. Вандер Вир, К. Гроувер. Справочник по Abobe@Flash@Professional CC // — М.— 2015 — 695 с.

Компенсация запаздывания в телеоператорном режиме управления аппарата самолётного типа на этапе захода на посадку и посадки

Воронка Т.В.

Научный руководитель — к.т.н. Тяглик М.С.

МАИ, Москва

В настоящее время управление большинства беспилотных летательных аппаратов сводится к телеоператорному управлению. Однако, данная система характеризуется наличием запаздывания в тракте управления, что оказывает негативное влияние на точность и эффективность управления.

Для компенсации этого запаздывания были разработаны известные способы, однако они в большей степени рассчитаны для систем автоматического управления. Ключевым требованием для функционирования этих алгоритмов является знание полной модели объекта управления, однако в случае аппарата самолетного типа, обеспечение такой модели поставляет определенные трудности.

В настоящей работе проведен комплекс исследований, который позволил разработать алгоритм компенсации запаздывания для телеоператорного управления. Также было изучено влияние величины запаздывания на качество выполнения захода на посадку и посадки. Определены максимально допустимые величины запаздывания, при которых возможно выполнить задачу посадки с использованием существующих средств отображения полетной информации.

В рамках работы была обоснована необходимость создания альтернативного способа представления полетной информации, который включает в себя алгоритм компенсации запаздывания. Для оценки эффективности данного альтернативного способа представления информации были проведены исследования на пилотажном стенде МАИ.

В итоге работы были получены следующие результаты и выводы:

- Величина запаздывания в контуре управления существенно влияет на качество выполнения задачи посадки;
- Существует определенный предел допустимого запаздывания, при котором задача посадки все еще может быть выполнена с использованием существующих средств отображения информации;
- Создание альтернативного способа представления информации, с алгоритмом компенсации запаздывания, может значительно повысить эффективность управления в таких режимах.

Таким образом, данная работа представляет важное исследование в области телеоператорного управления и влияния запаздывания в контуре управления на выполнение задач посадки. Предложенный альтернативный способ представления информации может быть использован для повышения эффективности управления в таких условиях.

Публикация подготовлена в рамках реализации Программы создания и развития научного центра мирового уровня «Сверхзвук» на 2020-2025 годы при финансовой поддержке Минобрнауки России (соглашение от «20» апреля 2022 г. № 075-15-2022-309)

Список используемых источников:

1. А. В. Ефремов и др. «Летчик как динамическая система», Москва, Машиностроение, 343 стр., 1992;
2. Ефремов А.В., Система самолет- летчик. Закономерности и математические модели поведения лётчика. — М.: Изд-во МАИ, 2017. — 196с., ISBN 978-5-4316-0437-9;
3. Пономаренко В.А., Лапа В.В., Лемещенко Н.А., «Человеческий фактор и безопасность посадки», Военное издательство, 1993 г.

Модифицированная оптимальная модель управляющих действий лётчика и её приложение к задачам управления полётом

Гришина А.Ю.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Ефремов А.В.

МАИ, Москва

В настоящей работе предложена модификация оптимальной модели управляющих действий летчика (ОМЛ) [1], в основе которой лежит предположение о том, что хорошо тренированный оператор решает поставленную перед ним задачу управления способом, близким к оптимальному с учетом свойственных человеку психофизиологических ограничений. Основной идеей модификации ОМЛ является перемещение звена запаздывания из модели летчика на выход системы (к входному сигналу) и одновременное удаление предсказателя-контроллера из структуры модели. Также в модифицированной модели летчика предложено правило по замене интегрирующего звена в объекте управления на апериодическое звено, с частотой, лежащей в диапазоне $\omega < 0,2$ 1/сек.

Для оценки точности в работе приведены частотные характеристики летчика, которые получены экспериментально, а также с помощью математического моделирования. Для сравнения был взят базовый вариант оптимальной модели летчика [2-3], структурная модель летчика и модифицированный вариант оптимальной модели летчика. В качестве объекта управления была взята динамика сверхзвукового пассажирского самолета второго поколения.

Кроме того, в модель также была введена обратная кинестетическая связь, для центрального рычага управления. Передаточная функция рычага управления представлена звеном второго порядка, а модель мышечного веретена представлена форсирующим звеном. Далее с помощью модифицированной оптимальной модели были проведены исследования по оптимизации жесткости и демпфирования рычага управления. Результаты математического моделирования подтверждаются результатами экспериментальных исследований.

Публикация подготовлена в рамках реализации Программы создания и развития научного центра мирового уровня «Сверхзвук» на 2020-2025 годы при финансовой поддержке Минобрнауки России (соглашение от «20» апреля 2022 г. № 075-15-2022-309)

Список используемых источников:

1. Ефремов А. В. «Система самолет-летчик. Закономерности и математические модели поведения летчика», Москва, МАИ, 194 стр., 2017 г.
2. Kleinman D.L., Baron S., Levison W.H. An optimal control model of human response. Automatica, vol. 6, 1970, pp.357-369.
3. David K. Schmidt. Optimal Flight Control Synthesis via Pilot Modeling. Journal of Guidance, Control, and Dynamics, vol. 2, issue 4, pp. 308-312

Исследование влияния эксплуатационных факторов на режимы самовращения несущего винта вертолѐта

Исаев В.Ф.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Попов С.А.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

В настоящее время актуальной является проблема обеспечения безопасного завершения полета вертолѐта при отказе силовой установки. В этом случае несущий винт при определенных условиях имеет возможность вращаться без подвода к нему крутящего момента, под действием момента самовращения $M_{св}$, создаваемого аэродинамическими силами сопротивления лопастей X_L . Направление силы X_L зависит от сил сопротивления сечений лопасти X_z , которые определяют режим самовращения сечений лопасти — установившийся ($X_z=0$) и неустановившийся ($X_z \neq 0$).

Автором проведены исследования влияния эксплуатационных факторов на параметры вертикального снижения и режимы самовращения несущего винта вертолѐта при отказе его силовой установки.

Результаты исследований показывают, что для установившегося самовращения необходимо, чтобы сила RA_z была перпендикулярна плоскости вращения. В этом случае должно иметь место определенное соотношение между углами атаки, установки сечения лопасти и углом — углом между подъемной силой сечения лопасти и силой RA_z .

При отклонении RA_z вперед, в сторону вращения, обороты несущего винта будут увеличиваться (сила X_z направлена в сторону вращения).

Росту оборотов (раскрутке НВ) способствует увеличение угла атаки α_z , уменьшение угла установки сечения лопасти ϕ_0 и угла δY . Угол δY , в свою очередь, уменьшается с ростом аэродинамического качества K .

Разница в окружных скоростях сечений лопасти приводит к уменьшению угла атаки концевой сечения лопасти (замедленное самовращение) и увеличению комлевого (ускоренное самовращение).

Уменьшение углов установки сечений лопасти и увеличение вертикальной скорости снижения будет способствовать ослаблению тормозящего действия концевых элементов и усилению ускоряющего корневых.

Список используемых источников:

1. Бонч-Бруевич Г. Ф., Тимофеев А. В. Аэродинамические характеристики вертолѐтов и их расчет // Издание Киевского высшего авиационного инженерного училища. 1981. С. 43 – 57.

2. Попов С.А. Динамика полета // Издание ВУНЦ ВВС ВВА. 2021. с 143 – 160.

Исследование управляющих действий лѐтчика в задаче многоконтурного управления

Корзун Ф.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Ефремов А.В.

МАИ, Москва

В настоящее время при исследовании большинства задач ручного управления рассматривается одноконтурная система самолет-лѐтчик. Такой подход не позволяет достоверно описать ряд задач пилотирования, в частности задачу посадки, в которой отслеживается несколько фазовых координат. В связи с этим было предложено провести исследования в задаче многоконтурного управления для определения управляющих действий лѐтчика в задаче многоконтурного управления. В работе рассматривается задача точного управления высотой, в предположении, что лѐтчик вводит дополнительную обратную связь по вертикальной скорости или по углу тангажа. Проведено математическое моделирование многоконтурной системы управления, с учетом шумовой составляющей действий лѐтчика в каждом контуре управления, с оптимизацией коэффициентов модели действий лѐтчика и минимизации дисперсии сигнала ошибки отслеживания высоты. Проведено сравнения двух

вариантов математических моделей для выбора замыкаемых контуров, при которых будет наибольшая точность отслеживания дисперсии сигнала ошибки по высоте. В работе также была произведена модификация существующего метода коэффициентов Фурье для задачи многоконтурного управления и проведено полунатурное моделирование на пилотажном стенде лаборатории МАИ НИЛ ПССЛ. По результатам полунатурного моделирования была подтверждена адекватность результатов, полученных в ходе математического моделирования с экспериментом при полунатурном моделировании и показано, что вариант образования внутреннего контура по углу тангажа обеспечивает наивысшую точность слежения.

Публикация подготовлена в рамках реализации Программы создания и развития научного центра мирового уровня «Сверхзвук» на 2020-2025 годы при финансовой поддержке Минобрнауки России (соглашение от «20» апреля 2022 г. № 075-15-2022-309).

Список используемых источников:

1. А. В. Ефремов и др. «Летчик как динамическая система», Москва, Машиностроение, 1992.
2. А. В. Ефремов, «Система самолет-летчик. Закономерности и математические модели поведения летчика», М.: Издательство МАИ, 2017

Исследование управляющих действий лётчика в задаче многоканального управления

Проданик В.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Ефремов А.В.

МАИ, Москва

В настоящей работе приведены результаты исследования управляющих действий летчика в задачах многоканального управления с целью разработки средств автоматизации, повышающих безопасность пилотирования.

Для проведения экспериментальных исследований с использованием полунатурного моделирования на пилотажном стенде научно-исследовательской лаборатории «Пилотажные стенды и система «самолет-летчик»» МАИ была произведена модификация существующего программного обеспечения, основанного на использовании метода коэффициентов Фурье, для задачи многоканального управления. Для учета влияния перекрестных связей между каналами были выбраны параметры полигармонических входных сигналов и разработан алгоритм интерполяции получаемых частотных характеристик на общие частоты. Получено условие «развязки» каналов управления для задачи двухканального управления.

Рассмотрено влияние распределения внимания летчика между каналами управления, а также влияние наличия перекрестных связей. Проведены экспериментальные исследования на пилотажном стенде для задач одноканального и двухканального управления, а также для задачи двухканального управления в условиях присутствия различных перекрестных связей между каналами. Выполнено четыре серии экспериментов, в результате которых получены частотные и интегральные характеристики системы самолет-летчик. Проведено сравнение дисперсии сигнала ошибки в случае, когда летчик отслеживает одновременно две координаты, с дисперсией сигнала ошибки при управлении в одном канале. Проведен анализ частотных характеристик перекрестных связей, вводимых летчиком, и сделан вывод о том, насколько они удовлетворяют условию «развязки».

Публикация подготовлена в рамках реализации Программы создания и развития научного центра мирового уровня «Сверхзвук» на 2020-2025 годы при финансовой поддержке Минобрнауки России (соглашение от «20» апреля 2022 г. № 075-15-2022-309)

Список используемых источников:

1. А. В. Ефремов и др. «Летчик как динамическая система», Москва, Машиностроение, 1992.
2. А. В. Ефремов, «Система самолет-летчик. Закономерности и математические модели поведения летчика», М.: Издательство МАИ, 2017

Методы повышения взлётно-посадочных характеристик БЛА балансировочной схемы «летающее крыло»

Сагалович С.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Серебрянский С.А.

МАИ, Москва

Анализ современной авиационной техники указывает на тенденцию увеличения объема и сфер применения беспилотных воздушных судов [1]. Использование для БЛА балансировочной схемы «летающее крыло» позволяет реализовать концепции скрытого проникновения на территорию противника и нанесения ударов по наземным целям, длительного барражирования в условиях неподавленной ПВО.

Характеристики устойчивости и управляемости летательного аппарата в первую очередь обусловлены объемно-массовыми характеристиками и аэродинамическими моментами [2]. Из-за отсутствия горизонтального оперения фокус ЛА располагается вблизи центра тяжести самолета, что снижает продольную устойчивость. Увеличение стреловидности крыла позволяет сдвинуть фокус самолета назад, но это приводит к потере несущих свойств крыла и, как следствие, к ухудшению посадочных характеристик. Уже на небольших углах атаки начинается резкий рост момента тангажа на кабрирование, вызванный срывными эффектами на законцовках крыла. При отсутствии вертикальных поверхностей, и в условиях стационарного обтекания, самолет обладает нейтральной путевой статической устойчивостью. При переходе на нестационарные режимы обтекания возникает неустойчивость в путевом канале, вызванная появлением несимметричных аэродинамических сил. Такой эффект связан с тем, что срыв потока на наветренной консоли крыла наступает раньше, чем на подветренной. В результате появления нестационарных процессов происходят стремительные изменения производных моментов тангажа и рыскания по углу атаки, что является наиболее существенным ограничением при построении архитектуры алгоритмов системы управления.

Особенности характеристик продольного и путевого момента на нестационарных режимах обтекания накладывают необходимость ограничивать максимально допустимый угол атаки из соображений сохранения запаса продольной статической устойчивости, запаса боковой статической устойчивости, запаса пикирующего момента при воздействии возмущений, управляемости по курсу на всем эксплуатационном диапазоне углов атаки.

Таким образом, при проектировании самолета схемы «летающее крыло», задачу повышения взлётно-посадочных характеристик БЛА можно сформулировать следующим образом: конструктивные изменения должны способствовать уменьшению посадочной скорости с сохранением запасов устойчивости и управляемости и без существенного прироста ЭПР на этапах крейсерского полета.

Использование в механизации крыла предкрылков, щитков Крюгера, отклоняемых носков позволяет увеличить подъемную силу и предельно допустимый угол атаки. Однако, появляется дополнительный пикирующий момент компенсации которого приводит к большим потерям на балансировку. Конструктивные изменения, необходимые для размещения данных видов механизации, негативно сказываются на заметности ЛА.

Альтернативной механизацией может служить пластина, расположенная в носке крыла. Принцип действия данного решения основан на создании нестационарного обтекания за пластиной. Такое поведение потока существенно снижает несимметрию аэродинамических сил при боковом движении, а также позволяет добиться увеличения запаса пикирующего момента при выходе на закритические углы атаки.

Наличие этих факторов позволяет увеличить допустимый угол атаки и, как следствие, снизить посадочную скорость самолета с сохранением запасов устойчивости и управляемости. Размещение пластины внутри крыла во время крейсерского полета позволяет обеспечить приемлемые характеристики заметности самолета.

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелеч [и др.]. — Москва :

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — 448 с. — ISBN 978-5-4316-0694-6.

2. Сагалович, С. А. Исследование влияния переходных процессов летательного аппарата в продольной плоскости на возникновение явлений аэроупругости / С. А. Сагалович // Гагаринские чтения — 2023 : Сборник тезисов докладов XLIX Международной молодежной научной конференции — Москва: Издательство «Перо», 2023. — С. 15 – 16.

Программно-моделирующий комплекс для оценки балансировочных характеристик транспортного самолёта в продольном канале

Смутин Е.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Верещиков Д.В.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Одним из основных режимов полета является прямолинейный горизонтальный полет по заданной траектории. Горизонтальность полета обеспечивается из положения самолета на необходимом угле атаки, при котором суммарная подъемная сила, создаваемая воздушным потоком, равна силе тяжести воздушного судна. Удержание самолета в таком положении обеспечивается путем приведения действующих на него моментов в продольном канале к нулю и уравнивания вертикальных составляющих сил за счет применения аэродинамических органов продольного управления. В результате изменения режима полета и внешних атмосферных условий нарушается баланс сил и моментов, действующих на летательный аппарат. В соответствии с этим полезно знать угол отклонения аэродинамических органов управления, при которых соблюдается условие балансировки в прямолинейном горизонтальном полёте в во всем диапазоне эксплуатационных высот и скоростей полёта. Благодаря развитию информационных технологий и вычислительных возможностей современных ЭВМ, появляется возможность создания наиболее подробных математических моделей динамики полета самолета, позволяющий обеспечить полунатурное моделирование задач пилотирования, позволяющих оценить балансировочные характеристики воздушного судна. Для проведения имитационного моделирования динамики полета самолета в продольном канале создан программно-моделирующий комплекс, состоящий из Simulink-модели динамики полета, пилотажного стенда и программного кода для «фильтрации» результатов эксперимента. При участии летчика (оператора) получены значения углов отклонения стабилизатора (руля высоты), при которых выполняются условия прямолинейного горизонтального полета. Полученные результаты обработаны и сформированы в виде графиков. Таким образом, результатом работы является формирование балансировочных диаграмм отклонения стабилизатор (руля высоты) во всем диапазоне эксплуатационных высот и скоростей полета.

Список используемых источников:

1. Динамика полета: Учебник для студентов высших учебных заведений / А. В. Ефремов, В. Ф. Захарченко, В. Н. Овчаренко и др.; под ред. Г. С. Бюшгенса — М: Машиностроение, 2011. 776 с.: ил.
2. Верещиков Д.В. Системы управления летательных аппаратов: учебник Д.В. Верещиков, С.В. Николаев, Д.В. Разуваев. — Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2018. — 322 с.
3. Определение характеристик устойчивости и управляемости самолетов в летных испытаниях [Текст] ; монография / Г. А. Бизон, В.Н. Тихонов, В.А. Торопов Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования «Московский авиационный институт (МАИ)». Фил. «Взлет», г. Ахтубинск — Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2013. — 412 с.

Разработка альтернативного варианта нелинейного префилтра, обеспечивающего подавление раскачки самолёта лётчиком

Щербаков А.И.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Ефремов А.В.

МАИ, Москва

Высокий уровень пилотажных свойств современных летательных аппаратов в большей степени обеспечивается высокоавтоматизированными системами управления. Существует большое число методов построения регуляторов, обеспечивающих заданную динамику ЛА — интегральные законы управления, методы оптимального управления, принцип «обратной динамики» [1]. Однако, реализация таких методов требует высокого быстродействия приводов рулевых поверхностей. Приводы систем управления имеют ограниченную скорость перемещения выходных звеньев, и в случае выхода исполнительного устройства на максимальную скорость перемещения вводится существенное фазовое запаздывание, которое может привести к возникновению так называемой раскачки самолета лётчиком [2]. Раскачка самолета лётчиком, вызванная выходом привода на максимальную скорость, может не прекратиться даже при выходе лётчика из контура управления, а продолжаться из-за действия больших по величине и скорости сигналов системы управления.

Для борьбы с возникновением раскачки самолета лётчиком второй категории созданы корректирующие устройства — префилтры, принцип работы которых заключается в уменьшении потребных скоростей отклонения рулей [3, 4]. В работе рассматривается несколько известных вариантов префилтров, а также предложен альтернативный вариант, разработанный в МАИ. Проведены математическое моделирование и экспериментальные исследования на пилотажных стендах, показывающие высокую эффективность предложенного альтернативного варианта префилтра при подавлении раскачки и повышение точности выполнения задач пилотирования.

Публикация подготовлена в рамках реализации Программы создания и развития научного центра мирового уровня «Сверхзвук» на 2020-2025 годы при финансовой поддержке Минобрнауки России (соглашение от «20» апреля 2022 г. № 075-15-2022-309).

Список используемых источников:

1. Колесников Е. Н., Сидорюк М. Е., Комбинация методов инверсной динамики и h ∞ -оптимизации в задаче управления пространственным движением самолета // Ученые записки ЦАГИ. — 2007. — №3-4.
2. McRuer, D., (1995), Pilot Induced Oscillations and Human Pilot Behavior. — NASA CR-4386, Edwards, CA, USA: NASA Dryden Flight Research Center.
3. Ефремов А.В., Щербаков А.И., Корзун Ф.А., Проданик В.А. Перспективные средства подавления явления раскачки самолета лётчиком. — Вестник Московского авиационного института, 2022, Том 29, №1.
4. L. Rundqwist and R. Hillgren, Phase compensation of rate limiters in JAS 39 Gripen. — AIAA paper 96-3368, 1996.

Секция №1.2 Проектирование, конструирование и технология производства ЛА

Применение нестандартного двигателя на Ан-124-100

Болонкин С.А.

Научный руководитель — Ульянова Н.В.

КНИТУ-КАИ, Казань

Для начала, нам стоит вообще познакомиться с таким самолетом, как Ан-124-100. Ан-124-100 является тяжелым транспортным самолетом и модернизацией Ан-124, разработанный в ОКБ имени О.К.Антонова в советское время. Первый полет Ан-124 произошел 24 декабря 1982 года, а далее начал эксплуатироваться в январе 1987 года. Однако, у Ан-124 был минус его двигателя появлялся помпаж. После модернизации его силовой установки, самолет начали называть Ан-124-100.

Однако, случилась трагедия, которая отразилась на производстве самолета Ан-124-100, распад СССР. Это не только привело к перестройке всех государств, включая РФ, но и, как следствие, нарушились программы поставок комплектующих для производства самолетов, так как теперь каждое образованное государство стало автономным и все ранее действующие совместные проекты были остановлены. В силу геополитического расположения ОКБ им Антонова, которое находилось в Киеве на территории Украины, после распада, стало просто Украинским ОКБ. Последнее производство данного типа самолета в России закончилось в 2004 году. Справедливости ради, стоит упомянуть, что РФ пыталась договориться с Украиной и возобновить общее производство этих гигантов, даже начали постепенное производство, но после событий на Украине в 2014 году, обе стороны перестали упоминать общий проект и закрыли его. На данный момент, на территории РФ не создаются самолеты Ан-124-100, однако он эксплуатируется и по сей день. Он используется компанией «Волга-Днепр» и насчитывает 10 самолетов (информация 2018 года) и более 25 самолетов в составе ВКС России (15 из них находятся на хранении).

И вот, казалось бы, в период санкций, государство РФ должно было выдать указ, о начале производства самолета Ан-124-100 в Ульяновске, т.к. это очень полезный и, самое главное, нужный самолет, но почему-то этого не происходит. Дело в том, что если начать создавать самолет без соглашения, то может возникнуть ряд проблем, в вопросах правообладателя и сертификата разработчика, без которого не получить сертификат на производство типа авиационной техники. Как вариант- немного изменить конструктивно-силовую схему оперения, увеличить долю использования композиционных материалов, переименовать наконец. Но и тут следует понимать, что Международная организация гражданской авиации (ИКАО) просто могут посчитать самолет опасным и отказать в сертификации... Хотя, с другой стороны, зачем данный тип самолета ориентировать для «запада», если его можно производить для дружественных государств и прежде всего, для себя. Данный самолет попросту незаменим и уже есть компании, которые могут купить его и ведь далеко за примером не стоит ходить. Авиационная компания «Волга-Днепр», которая занимается авиаперевозками, не отказалась бы от пары десятков новых российских модернизированных самолетов Ан-124-100, которые имеют потрясающие характеристики тяжелого транспортного самолета и на данном этапе, я бы хотел предложить способ возобновить производство Ан-124-100.

Этот способ, это поставить на самолет Ан-124-100 «свои» комплектующие. К примеру, самая большая проблема производства данного самолета на территории РФ, это его силовая установка Д-18Т, имеющая тягу 23940 кгс.

Проблема этого двигателя в том, что он производился исключительно на территории Украины и остальные республики СССР не знали и не видели, как его производят. Если мы хотим увидеть Ан-124-100 российским самолетом здесь и сейчас, то нужно не прогнозировать создание аналогичного двигателя, который, дай бог будет создан к 2030 году, а попытаться

поставить уже имеющиеся. Так, мы можем поставить на этого гиганта двигатель ПС-90А и сравнить, сильно ли страдают летные характеристики самолета.

Список используемых источников:

1. В.П. Бехтир., В.М. Ржевский, Е.Н. Коврижных., В.Х. Копысов. Учебное пособие. Практическая аэродинамика самолета Ан-124-100.
2. Ельцов Г. Ан-124 «Руслан». История воздушного превосходства.
3. Чешко С.В. Распад СССР: этнополитический анализ.
4. Иноземцев А.А., Нерадько А.В., Коняев Е.А., Медведев В.В. Авиационный двигатель ПС-90А

Перспективы внедрения средств аварийного покидания в вертолёты армейской авиации и их модернизация

Зинченко А.В.

Научный руководитель — к.т.н. Карпенко О.Н.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Интенсивность современных боевых действий, неординарные тактические действия, высокая эффективность применяемого оружия в ходе вооруженных конфликтов приводят к большому ущербу для противоборствующих сторон, выражаемых как в потерях живой силы, так и к потерях техники, а в частности авиационной техники. Именно потери выносят на повестку дня вопрос по обеспечению безопасности экипажей воздушных судов в случае сбития воздушных судов средствами поражения противника.

Если принять к рассмотрению самолеты истребительной, оперативно-тактической и бомбардировочной авиации, то стоит отметить их оснащенность средствами аварийного покидания (далее — САП). На сегодняшний день указанные виды авиации оснащаются катапультными установками, основным элементом которых является кресло К-36ДМ, применение которых позволяет спасти жизни экипажей, потерпевших крушение.

С принятием на вооружение вертолета Ка-50, а позднее — Ка-52 (и его модификаций), летчики армейской авиации приобрели возможность покидать терпящее бедствие воздушное судно при авариях в воздухе. Однако в вертолетах САП имеют несколько иной принцип действия. В армейской авиации применение нашли катапультно-амортизационные системы (далее — КАС) основой которых является кресло К-37-800М. Процесс покидания вертолета в сравнении с самолетом более сложный, так как необходимо осуществить отстрел лопастей несущих винтов и вытягивание летчиков из кабины под определенным углом. Также это кресло позволяет обеспечить выживание экипажей данной боевой машины путем амортизации при совершении жестких посадок.

Обеспечение летчиков возможностью покидания, а также снижения влияния на них нагрузок, возникающих при жестких посадках предусмотрено в другом вертолете — Ми-28. Кресло «Памир» является амортизационным, что позволяет существенно снизить воздействие ударных нагрузок при совершении аварийных (жестких) посадок. Первичное восприятие этих нагрузок осуществляется колесами и основными амортизационными стойками, а затем и самим креслом, которое амортизирует удар. В вертолете Ми-28 так же есть возможность безопасно покинуть борт при аварии на высотах, но без катапультирования. Происходит отстрел дверей кабин летчиков, наддув баллонов и экипаж имеет возможность самостоятельно выпрыгнуть из неуправляемой машины.

Перспективным, но пока еще не реализованным направлением можно считать внедрение САП с креслом типа К-37-800М в другие вертолеты армейской авиации, помимо Ка-52. Например, таким воздушным судном может быть вышеупомянутый Ми-28. Само собой, реализации такого технического решения должно предшествовать четко выраженное обоснование актуальности и конструктивное преобразование серийной машины, некоторый перерасчет его боевых характеристик, влияние на которые оказало бы внедрение КАС (увеличение массы вертолета). Такое решение позволило бы спасти экипажи боевых вертолетов при ведении ими активных боевых действий, но потребовало бы больших финансовых затрат, чем применение кресла «Памир».

После катапультирования в зоне ведения боевых действий и до эвакуации летных экипажей составом поисково-спасательных отрядов, летчикам может быть необходимо некоторое время осуществлять выживание в экстремальных условиях. Для обеспечения их необходимыми предметами и оружием в состав подвесной системы включен аварийный носимый запас (далее — НАЗ). В ВВС РФ в составе существует аварийная радиостанция, позволяющая экипажам ПСО определять местоположение летчиков, потерпевших бедствие. Однако, данная радиостанция имеет ряд недостатков, таких как: отсутствие достаточной степени кодирования передаваемых сигналов, необходимость постоянного ношения ее с собой, а при ведении боевых действий летчик банально может бросить НАЗ на месте приземления, а сигнал радиостанции приведет ПСО в неверное место или даже в засаду противника.

Для решения данной проблемы, перспективно было бы позаимствовать идею у стран Запада. По некоторым данным, в состав летных костюмов летчиков США внедрены специализированные датчики, работающие в одностороннем порядке (запрос-ответ). Говоря простым языком, при отсутствии необходимости уточнения местоположения летчика датчик неактивен и не излучает сигнала, что обеспечивает защищенность человека от возможного перехвата противником данных о его местоположении и, в сравнении с имеющейся в составе отечественного НАЗ-а данные датчики нет необходимости носить с собой (потому как они встроены в снаряжение) при попытке скрыться от противника, они малогабаритны и надежны.

Таким образом, вопросы расширения применения САП в вертолетах армейской авиации ВВС РФ и их модернизация путем некоторой переработки состава носимого аварийного запаса позволили бы сохранить больше жизней среди экипажей воздушных судов армейской авиации, несмотря на более сложную техническую сторону этих нововведений. Они позволяют сохранить самое важное — жизни военнослужащих.

Список используемых источников:

1. Н.В. Якубович. Военные вертолеты СССР и России. От «Омеги» до «Аллигатора» // Эксмо, 2013 год.

2. Ю.В. Дьяченко, И.В. Хромова. Системы аварийного покидания летательных аппаратов. // Новосибирск, 2022 год.

Анализ целесообразности использования летательных аппаратов при предупреждении и ликвидации чрезвычайных ситуаций

Иваненко И.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.б.н. Мессинева Е.М.

МАИ, Москва

По данным Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (далее — «МЧС»), ежегодно в России происходит около 300 ЧС. Например, по данным за прошлый год, на долю от общего числа чрезвычайных ситуаций пришлось 164 техногенных и 78 природных ЧС. При их ликвидации необходима возможность быстрого реагирования при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Для эффективного выполнения спасательных и гуманитарных миссий на обширной территории России помимо наземной пожарной и аварийно-спасательной спецтехники широко используется множество современной, специально оснащенной многофункциональной авиационной техники. Воздушно-транспортные средства (далее — «ВТС») МЧС предназначены для:

- Тушения природных и техногенных пожаров
- Перевозки оперативных групп спасателей
- Доставки гуманитарной помощи
- Санитарно-авиационной эвакуации пострадавших из зоны ЧС
- Мониторинговой и разведывательной работы.

Для решения этих задач применяются различные виды ВТС, которые имеют свои достоинства и недостатки. Целью данной работы был сравнительный анализ целесообразности применения летательных аппаратов при предупреждении и ликвидации пожаров природного и техногенного характера.

По состоянию на текущий год на оснащении авиации состоит 23 самолета и 68 вертолетов. Кроме того, на вооружении реагирующих подразделений находится 1591 единица беспилотных летательных аппаратов самолетного (Superscam S-350) и вертолетного (ZALA 421-22, DJI Phantom 3) типов.

В воздушном парке Министерства имеются следующие модели самолетов: Ан-74П, Ан-148, Бе-200ЧС, Ил-76ТД, SuperJet 100-95LR. Наиболее широко при ликвидации пожаров используются Ил-76ТД и Бе-200ЧС.

Самый большой пожарный самолет российского производства — воздушный танкер Ил-76ТД способен перевозить 42 т воды или огнегасящей жидкости в двух баках ВАП-2 (выливных авиационных приборах). Его максимальная скорость 850 км/ч, рабочая скорость при маневре сбрасывания — 280 км/ч, минимальная высота при сбросе воды — 80 м. Самолет предназначен для тушения масштабных пожаров, транспортировки пожарно-спасательной техники, оборудования и грузов различного назначения, в том числе и вертолетов легкого класса (Бк-117 и Бо-105). Многоцелевой реактивный самолет-амфибия Бе-200ЧС по своим летно-техническим характеристикам почти не уступает Ил-76: скорость при сбрасывании 250 км/ч, максимальная — 710 км/ч. Его полная нагрузка составляет всего 12 т, что в 3,5 раза меньше, чем у сравнимого Ил-76. Отличительная особенность Бе-200ЧС — возможность взлета и посадки на сушу и воду. Самолет может эксплуатироваться с аэродромов класса "В" (длина ВПП — 1800 м) или с внутренних и морских акваторий глубиной 2,6 метра и высотой волны 1,2 м. Сравнительно с другими видами пилотируемой техники эта характеристика является главным достоинством самолета при его использовании в труднодоступных районах.

По сравнению с самолетами, вертолеты имеют ряд преимуществ: благодаря вертикальному взлету и высокой маневренности с их помощью можно решать круг определенных задач: доставка и сброс воды непосредственно на очаг пожара с использованием ВСУ и водяных стволов, десантирование пожарных и спасательных групп, оперативный поиск и эвакуация пострадавших. В настоящее время в авиационном парке МЧС есть такие модели вертолетов, как Бк-117, Бо-105, Ка-32А, Ми-8МТВ-1, Ми-26Т. В данный момент чаще всего применяются вертолеты Ка-32А и Ми-8МТВ-1.

Пожарно-спасательный вертолет Ка-32А развивает скорость 250 км/ч, в воздухе может находиться до 6 часов, осуществляет подъем грузов массой до 5 т, транспортная кабина рассчитана на 13 человек. Вертолет отличается усиленная противопожарная защита двигателей и возможность перевозки и использования эвакуационного десантного оборудования. Ми-8МТВ-1 идентичен по своим летным характеристикам с Ка-32А, но при меньшей грузоподъемности, которая составляет не более 4 т, способен перевозить большее количество пассажиров: 24 человека или 12 носилок с сопровождением. Также его модификация оснащена метеорадиолокационной системой, громкоговорителями, световыми прожекторами и лебедками. Это позволяет вертолету выполнять задачи в ночное время и при плохих погодных условиях.

Как показывает практика, зачастую крайне сложно осуществить исследование территории ЧС пилотируемой авиацией, а также небезопасно проводить изучение места происшествия человеческими ресурсами. В таких случаях целесообразно использовать БПЛА. Основными задачами данных летательных аппаратов являются: разведка зоны ЧС, участие в ликвидации ЧС, поиск пострадавших, оценка ущерба от ЧС.

Проведенный анализ показал, что разные типы воздушной техники могут эффективно использоваться в зоне ЧС. При этом у каждого из рассмотренных видов есть определенные преимущества, позволяющие целесообразно применять комбинацию разных типов летательных аппаратов для предупреждения и наиболее быстрой и безопасной ликвидации последствий ЧС с учетом ее вида и масштаба.

Список используемых источников:

1. Материалы официального сайта МЧС России. URL: <https://mchs.gov.ru/> Режим доступа: свободный. Дата обращения: 15.02.2024

Исследование влияния расположения сквозных дефектов на критические напряжения потери устойчивости тонких обшивок при сжатии

Ильичёва П.И.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Митрофанов О.В.

МАИ, Москва

При проектировании современных авиационных тонкостенных конструкций необходимо учитывать наличие возможных дефектов, которые могут появляться по разным причинам. Для композитных конструкций по действующим рекомендательным циркулярам необходимо оценивать остаточную прочность с учетом, например, малозаметных повреждений 1-й категории, с которыми самолеты могут эксплуатироваться в течении всего срока. Также следует отметить, что следует оценивать дефекты, которые могут быть получены в процессе эксплуатации и иметь более значительные повреждения. Проведенные численные и экспериментальные исследования [1-3] показывают, что для тонких обшивок кроме остаточной прочности необходимо оценивать местную устойчивость с учетом расположения дефектов в плоскости панели.

В данной работе рассмотрены металлические тонкие обшивки, нагруженные продольными сжимающими потоками, и имеющие сквозные повреждения. Для оценки критических сжимающих напряжений была использована конечно-элементная программа Abaqus, проведены соответствующие расчеты и показаны формы потери устойчивости панели в зависимости от расположения сквозных дефектов на плоскости панели. Затем были построены зависимости отношения критических напряжений панели с дефектом к критическим напряжениям панели без дефекта. Проведенные численные исследования показали, что с точки зрения обеспечения устойчивости существуют потенциально-критические точки, наличие дефектов в которых приводит к более значительному эффекту снижения критических напряжений. В данной работе построены такие графические зависимости в программе Excel и показало наличие локальных экстремальных значений. Отмечено, что аналитическое исследование таких задач (устойчивости панелей со сквозными дефектами) могли бы потребовать использование теории функций комплексного переменного. В данной случае получено численное инженерное решение прикладной задачи. Кроме того, в работе показаны предварительная оценка (на ограниченном объеме данных) описания полученных поверхностей в виде аналитических зависимостей снижения критических напряжений в зависимости от координат расположения центра дефекта. Отмечено, что проводятся другие исследования, связанные с оценкой влияния укладки композитного материала, а также геометрических параметров дефекта (например, диаметра сквозного отверстия).

Список используемых источников:

1. Митрофанов О.В., Торопылина Е.Ю. Особенности методики проектирования и программ испытаний сжатых композитных панелей при ограничениях по устойчивости с учетом влияния сквозных повреждений // Естественные и технические науки. — 2023. — № 4(179). — С. 259-263. — DOI 10.25633/ETN.2023.04.14.
2. Митрофанов О.В., Торопылина Е.Ю. Проектирование сжатых металлических z-образных подкрепленных панелей при ограничениях по устойчивости с учетом сквозных повреждений // Естественные и технические науки. — 2023. — № 5(180). — С. 340-343. — DOI 10.25633/ETN.2023.05.20.
3. Митрофанов О.В., Торопылина Е.Ю. Исследование устойчивости гладких композитных панелей при сжатии с учетом сквозных трещин // Естественные и технические науки. — 2023. — № 6(181). — С. 207-210. — DOI 10.25633/ETN.2023.06.12.

Определение минимальных толщин и потенциально-критических точек при закритическом поведении композитных прямоугольных панелей средней толщины при сжатии

Колесников Р.Е., Ильичёва П.И.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Митрофанов О.В.

МАИ, Москва

При определении толщин тонких обшивок кессона крыла самолета малой и средней грузоподъемности учитывают следующие особенности. Во-первых, допускают потерю устойчивости при нагрузках близких к эксплуатационному уровню. Во-вторых, при расчетных нагрузках проводят поверочные расчеты на прочность с учетом закритического поведения обшивки после потери устойчивости. В работе предложена методология проектирования, в соответствии с которой определение толщин тонких композитных обшивок сводится к аналитическому решению геометрически нелинейной задачи с учетом больших прогибов и получению нелинейных уравнений относительно искомой толщины. При этом заданными считаются габариты панели ($a \times b$), характеристики монослоя композитного материала (КМ) и действующие потоки.

Объектами исследований данной работы являются композитные обшивки, нагруженные сжимающими потоками при известной укладке КМ (соотношениями слоев с армированием $0^\circ/\pm 45^\circ/90^\circ$). Для этих обшивок допускается потеря устойчивости при продольном сжатии, при которой возникают дополнительные мембранные и изгибные напряжения. Отмечено, что при потере устойчивости тонких панелей можно учитывать только мембранные напряжения, которые распределяются линейно по толщине панели. Для панелей средней толщины следует учитывать дополнительно изгибные напряжения. В данной работе рассматриваются основные соотношения, полученных для определения минимальной толщины панели средней толщины. Целью данной работы являлось построение численного алгоритма и его реализация в пакете MATLAB для определения толщин и потенциально-критических точек (ПКТ), в которых напряжения достигают максимальных по модулю значений. При рассмотрении аналитических зависимостей для определения мембранных и изгибных напряжений при потере устойчивости отмечено, что экстремальные значения указанных функций не совпадают в общем случае. В связи с этим в данной работе предложено рассматривать суммарные напряжения в графическом виде при построении поверхностей зависимостей для мембранных и изгибных напряжений. В работе представлены зависимости напряжений для двух случаев граничных условий панелей: при всестороннем шарнирном опирании и жестком опирании по длинным сторонам прямоугольных панелей.

Список используемых источников:

1. Митрофанов О. В. Прикладные геометрически нелинейные задачи при проектировании и расчетах композитных авиационных конструкций. — М.: МАИ (НИУ), 2022. — 164 с. — ISBN 978-5-4316-0984-8.

2. Митрофанов О.В., Торопылина Е.Ю. Особенности общей методики проектирования плоских композитных панелей средних толщин при допустимости геометрически нелинейного поведения с учетом обеспечения статической прочности при сжатии // Скоростной транспорт будущего: перспективы, проблемы, решения: Тезисы 2-ой Международной конференции, Алушта, 29 августа — 03 2023 года. — М.: Изд-во "Перо", 2023. — С. 84 — 85.

Методика проектирования композитных рессор для авиационной техники с применением методов параметрической оптимизации

Красняк С.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Башаров Е.А.

МАИ, Москва

В моей научной работе, представлена методика проектирования рессор из ПКМ с применением методов конечно-элементного анализа и параметрической оптимизации. А именно построен проект в Ansys Workbench для оптимизации количества слоев препрега в

рессоре для достижения необходимых значений коэффициента запаса прочности и перемещений.

Спроектировано две композитные рессоры, для двух разных типов шасси, они отличаются своей формой и количеством слоев углепластика, используемых в их конструкции. Модель рессоры построена в Ansys Mechanical, с применением модуля ACP Pre для моделирования композитных материалов. Рессора разбивается на несколько модельных групп, количество слоев углепластика в каждой из которых является параметром, критериями по которым определяется оптимальность конструкции выступают коэффициент запаса прочности и перемещения. Далее формируется список возможных комбинаций параметров, для каждой рессоры существует от 600 до 1000 разных комбинаций параметров. Для каждой из полученных комбинаций проводится прочностной расчет с учетом заданных граничных условий и проектировочных нагрузок, в результате которого вычисляются значения коэффициента запаса прочности и перемещения возникающие в конструкции рессоры. Далее из полученного массива значений выбирается оптимальная схема размещения слоев углепластика исходя из условий задаваемых для проектируемой конструкции, базовыми условиями являются коэффициент запаса прочности и перемещения. Данная методика является базовой конструкцией к которой можно добавлять дополнительные модули, например проводить так же частотный анализ и тем самым избегать возникновения резонансных явлений, так же условия параметрической оптимизации можно заложить несколько различных вариантов материалов и тем самым оценить сразу несколько тысяч вариантов конструкции рессоры.

Список используемых источников:

Буткарева Н.Г., Красильников А.З. Компьютерное моделирование в прикладной механике: практическое пособие // Балт. гос. техн. ун-т. — СПб., 2019. — 52 с. ISBN 978-5-907054-52-3 URL: <http://library.voenmeh.ru/cnau/elfr03022.pdf>;

Башаров Е.А., Ресинец А.И. Методические указания к лабораторной работе «Конструкция шасси вертолета»: электрон. учеб. пособие // Московский авиац. институт МАИ (нац. исслед. ун-т). — Москва, 2019. URL: <http://elibrary.mai.ru/MegaPro/Download/ToView/15840?idb=NewMAI2014>

Проектирование податливого механизма уборки и выпуска шасси для БПЛА

Миловидов А.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Серебрянский С.А.

МАИ, Москва

Стремительное развитие современной конкурентоспособной авиационной техники и сложные условия её эксплуатации [1] обуславливают необходимость совершенствования конструкции летательного аппарата (ЛА). Для обеспечения успешного выполнения ряда поставленных задач необходима высокая приборная скорость и увеличение веса полезной нагрузки.

Одним из вариантов улучшения конструкции может являться замена обычных механизмов податливыми [2]. Податливые механизмы — это механизмы, передающие движение за счет деформации собственных частей. Такая замена может обеспечить уменьшение количества деталей в сборке и массы составляющих.

Для проектирования таких конструкций применяется множество подходов, упрощающих те или иные этапы проектирования [3]. В данной работе применяется метод псевдожесткого тела, так как за основу будет взят механизм уборки и выпуска шасси. Метод заключается в замене обычных шарниров на элементы с малой жесткостью.

Выбран беспилотный сельскохозяйственный самолет MST-50, так как на шасси воздействуют не слишком малые нагрузки и существует необходимость внедрения механизма уборки и выпуска шасси, что позволит проверить состоятельность идеи использования податливых механизмов.

Для начала выбрана кинематическая схема механизма, затем шарниры были заменены на гибкие элементы, толщина и длина которых была определена условиями устойчивости и

необходимых перемещений. Таким образом, получен первый вариант, который необходимо проверить, создав конечно-элементную модель.

Выявлены основные сложности, возникающие при проектировании и влияющие на конечную работоспособность. Например, изменение жесткости гибких элементов, побочные деформации, взаимное влияние элементов друг на друга, их эксплуатационные свойства [4].

Далее с учетом возникших проблем была предложена новая версия податливого механизма уборки и выпуска шасси, которую предстоит испытать.

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле Российской конкурентоспособной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.]. — Москва: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — 448 с. — ISBN 978-5-4316-0694-6.

2. Миловидов, А. В. Использование податливых механизмов в конструкции шасси самолета / А. В. Миловидов, Ю. И. Попов // Авиация и космонавтика : Тезисы 22-ой Международной конференции — Москва: Издательство «Перо», 2023. — С. 35.

3. Титов, Е. И. К вопросу алгоритма проектирования узлов навески шасси гражданских самолётов / Е. И. Титов, С. А. Серебрянский // Авиация и космонавтика : Тезисы 22-ой Международной конференции — Москва: Издательство «Перо», 2023. — С. 51 – 52.

4. Попов, Ю. И. К вопросу обеспечения эксплуатационной живучести конструкции планера самолета / Ю. И. Попов, С. А. Серебрянский, М. В. Майсак // Справочник. Инженерный журнал. — 2019. — № 12(273). — С. 32 – 39.

Сравнительный анализ применяемых теплозащит на пассажирском самолёте

Полудницын С.Б.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гришина Л.А.

МАИ, Москва

Целью данной работы является проведение сравнительного анализа активной и пассивной теплозащиты, применяемой на отечественных пассажирских самолетах, а также выявление преимуществ и недостатков каждого типа рассматриваемых вариантов.

Актуальной задачей при проектировании системы кондиционирования воздуха (СКВ) является снижение энергетических затрат и расхода воздуха, отбираемого от компрессора двигателя. Для решения указанных задач используется уравнения теплового баланса гермокабины самолета, которое показывает, что основное количество тепла, приток или отток, происходит через стенку фюзеляжа самолета. Для снижения этих тепловых потоков применяют различные виды теплозащиты.

Классическая теплозащита (пассивная) стенки самолета представляет собой сэндвич из: обшивки самолета, слой ТЗИ с низким коэффициентом теплопроводности, закрытый воздушный канал и интерьерная стенка салона самолета. Данный вид теплозащиты является наиболее простым, поэтому в основном и применяется на самолетах российского и иностранного производства.

На гражданских самолетах отечественного производства марки Туполев (семейство Ту-204 и Ту-214) отказались от классической стенки в пользу активной теплозащиты. На указанных самолетах такой вариант представляет собой панель, которая состоит из: обшивки самолета, слоя ТЗИ, воздушного канала, в котором движется воздух, и интерьерной стенки. Особенность состоит в том, что через воздушный канал происходит удаление воздуха из салона самолета, который является дополнительной преградой для притока и оттока тепла.

Существует два конструктивных решения применения активной теплозащиты: прямая и обратная панель. Отличие заключается лишь в направлении движения воздуха. В первом случае воздушный канал панели используется для подачи свежего воздуха в салон самолета, во втором случае воздушный канал нужен для удаления «использованного» воздуха из салона в подпольное пространство самолета.

Воздух, проходящий через панель, является подвижным теплоносителем, поэтому в зависимости от погодных условий, он либо получает, либо отдает свое тепло окружающим

его поверхностям. Таким образом, при положительной температуре окружающей среды, воздух в панели будет забирать тепло, проходящее через стенку по направлению «окружающая среда-салон самолета». В этом случае температура воздуха на выходе из воздушного канала будет расти и, соответственно, в случае отрицательной температуры окружающей среды, когда тепло через стенку проходит по направлению «салон самолета-окружающая среда», температура воздуха на выходе из панели будет снижаться. На основании этого, речь о применении прямой панели на пассажирских самолетах не идет, т.к. в салон будет поступать либо горячий, либо холодный воздух, что будет негативно влиять на комфорт пассажиров. Поэтому, чтобы обеспечить необходимую комфортную среду в салоне самолета используют обратные панели.

В работе был проведен сравнительный анализ классической стенки с ТЗИ и обратной панели по потребному расходу подачи воздуха в салон, количеству тепла поступающего в салон на двух экстремальных режимах и стационарном режиме. Результаты исследования показали, что СКВ с панельным теплообменом имеют некоторое преимущество над СКВ с пассивным теплообменом, поскольку для получения одинаковых комфортных условий в первом случае требуется меньшая энергозатратность системы СКВ.

Список используемых источников:

1. Воронин Г.И., Верба М.И. «Кондиционирование воздуха на летательных аппаратах», Московская типография №26 1965 г.
2. Воронин Г.И. «Конструирование машин и агрегатов систем кондиционирования», Москва, «Машиностроение» 1978 г.
3. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. «Теплопередача», издательство «Энергия», 1975г.
4. Шустров Ю.М. «Проектирование авиационных систем кондиционирования воздуха», Москва «Машиностроение» 2006 г.

Проектирование противообледенительных систем воздушных судов в соответствии с современными нормами

Пронин Д.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Скиданов С.Н.

ПАО «Яковлев», Москва

Целью данной работы является изучение нововведений в нормы летной годности НЛГ-25 для проектирования противообледенительных систем и их принципиальные отличия от авиационных правил АП-25.

Одним из важных аспектов авиации является безопасность выполнения полетов. Современный летательный аппарат должен иметь всепогодность, поэтому такое атмосферное явление как обледенение не должно существенно влиять на безопасность вылета. Проектирование систем защиты от обледенения является комплексной задачей, которая направлена на получение оптимальной системы, обеспечивающей эффективную защиту самолета в широком диапазоне погодных условий.

Современные авиационные правила актуализируются и приводятся к единому международному стандарту для повышения безопасности выполнения полетов. В новой их итерации вводится понятие о крупнокапельном обледенении (приложение О) и изменяются уже существующие нормы определения условий обледенения (приложение С). Одно из принципиальных отличий — это отход от применения среднеарифметического диаметра к среднеэффективному и среднемедианному диаметрам.

Данные начальные условия существенно влияют на определение зон улавливания и растекания капель, которые являются неотъемлемой частью проекторочного расчета противообледенительной системы. Согласно условиям, взятым из НЛГ-25, разница зон улавливания для обычного и крупнокапельного обледенений составляет почти 60 % в отдельных случаях.

При этом, сравнения условия из НЛГ-25 от 2022 года и АП-25 от 2007 года, было выявлено, что принятые размеры капель в приложении С АП-25 полностью отвечают размерам капель в уточненном приложении С НЛГ-25, а также до 92 % размеров капель приложения О.

По результатам анализа полученных данных можно прийти к выводу о том, что проектирование противообледенительных систем, соответствующих данной итерации авиационных правил, позволит более точно определять конструктивные параметры таких систем. Однако такие расчеты усложняют общий процесс разработки, так как крупнокапельное обледенение встречается лишь в 1 % случаев регистрируемого обледенения. Поэтому для комплексного решения поставленной задачи стоит обратиться к комбинации обоих методов.

Список используемых источников:

1. НЛГ-25 Нормы летной годности самолетов транспортной авиации // Москва, МАК, 2022 г.
2. РЦ-АП-25.1419 Рекомендательный циркуляр «Методы определения соответствия средств защиты от обледенения» // Москва, МАК, 2007 г.
3. РЦ-АП-25.1420 Рекомендательный циркуляр «Условия обледенения (переохлажденные большие капли)» // Москва, МАК, 2023 г.
4. АП-25 Авиационные правила // Москва, МАК, 2007 г.

Исследование напряженно-деформированного состояния обшивок хвостовых отсеков лопасти несущего винта под действием ветра на стоянке вертолёта

Савина Д.Б.

Научный руководитель — к.т.н. Каргаев М.В.

АО «НЦВ Миль и Камов», Люберцы

При стоянке вертолета напряжения в лопастях несущего винта от сил собственного веса и ветровой нагрузки могут достигать значительных величин и приводить к появлению остаточных деформаций [1]. При проектировании лопасти несущего винта должны быть обеспечены приемлемые уровни напряжений во всех её конструктивных элементах. Хвостовые отсеки, как не силовые по сравнению с лонжероном элементы лопасти, должны обеспечивать восприятие внешних аэродинамических нагрузок, в том числе и ветровых, и передачу их на лонжерон, без потери целостности конструкции. В связи с этим представляет интерес исследование напряженно-деформированного состояния обшивок хвостовых отсеков лопасти несущего винта для создания легкой и прочной конструкции хвостового отсека и дальнейшего облегчения лопасти вертолета, а также повышения ее ресурса.

В настоящем работе исследовано напряженно-деформированное состояние обшивок хвостовых отсеков лопасти несущего винта под действием ветра на базе разработанной методики расчета напряжений в обшивке хвостовых отсеков невращающейся лопасти. Хвостовой отсек моделируется в виде плоской прямоугольной пластины переменной толщины, закрепленной и нагруженной как на контуре, так и в произвольных точках плоскости, обладающей ортотропной анизотропией прочности и жесткости. Ветровое нагружение на обшивку задается в виде известных в месте её крепления к лонжерону функций перемещений, рассчитанных с помощью модели [1]. Таким образом, расчет прочности обшивки осуществляется путем решения плоской задачи теории упругости для принятой расчетной модели. Методом сеток [2], полученная для обшивки система дифференциальных уравнений приводится к системе алгебраических уравнений, которая решается с помощью SVD-алгоритма [3].

Приведены результаты параметрических расчётов, выполненных для обшивок хвостовых отсеков лопастей несущего винта вертолёта типа Ми-38. В результате проведения вычислительных экспериментов было определено, что статическая прочность обшивки хвостового отсека для рассматриваемого расчетного случая определяется растягивающими поперечными напряжениями. Даны рекомендации по выбору параметров обшивок при проектировании лопастей несущего винта.

Список используемых источников:

1. Каргаев М.В. Расчёт напряжений в лопасти несущего винта вертолета на базе нелинейной модели нагружения при статическом воздействии ветра// Вестник Московского авиационного института. — 2019. — Т. 26, № 2. — С. 34-42.
2. Варвак П.М., Варвак Л.П. Метод сеток в задачах расчета строительных конструкций. — М.: Стройиздат, 1977. — 154 с.
3. Тихонов А.Н. Методы решения некорректных задач / А. Н. Тихонов, В. Я. Арсенин. — М.: Наука, 1986. — 285 с.

Определение зависимости радиуса гибки заготовки на роликово-прокаточном станке от параметров правильного блока

Самосудова Е.И.

Научный руководитель — Лапышев А.А.

УлГТУ, Ульяновск

Одной из главных задач современного авиационного производства является снижение трудоемкости и повышение технологичности работ. В настоящее время в самолетостроении зачастую применяются детали типа стрингер и шпангоут, изготавливаемые в штампах или кромкогибочных устройствах. Полученные подобной технологией детали обладают повышенной массой и подвержены интенсивной коррозии из-за фюзеляжного конденсата. Однако получение тонкостенных профилей с плакировкой, которая бы защитила элементы планера от коррозии, с помощью прессования невозможно, а использование кромкогибочных устройств является малопроизводительным решением и нецелесообразно из-за ориентации современного отечественного самолетостроения на серийное производство. В то же время в зарубежных аналогах конструкций планера часто применяются длинномерные гнутые плакированные профили, что повышает ресурс, хотя гнутые профили несколько уступают прессованным по несущей способности.

Ввиду этого целесообразна разработка малопереходной технологии гибки деталей типа стрингер и шпангоут на роликово-прокатных станках.

Сложность получения деталей требуемой формы заключается в зависимости радиусагиба детали от траектории движения правильного блока и его положения относительно направляющего блока и заготовки, а так же упругих характеристик материала профиля.

Для эффективного применения станков с ЧПУ для осуществления гибки деталей с точным радиусом необходимо выявить зависимость радиуса гибки заготовки на роликово-прокаточном станке от параметров правильного блока для возможности написания управляющей программы. Для этого производится математический анализ процесса гибки для нескольких расчетных случаев. Корректность расчетов проверяется на цифровом двойнике, созданном в САПР ANSYS, модуль LS-DUNA.

Список используемых источников:

1. Илюшкин, М.В. Моделирование контактных взаимодействий роликового инструмента сплюшкой профиля швеллерного типа при изготовлении гнутых профилей методом интенсивного деформирования / М.В. Илюшкин, В.И. Филимонов, В.В. Марковцева // Известия Самарского научного центра РАН, 2014, Т. 16, No1(2). С. 397 – 400.
2. Илюшкин, М.В. Моделирование процесса интенсивной деформации в роликах с использованием программного пакета Ansys LS-Dyna / М.В. Илюшкин и др. // Упрочняющие технологии и покрытия, 2016, No12. С. 36 – 41.
3. Илюшкин, М.В. Моделирование процессов обработки металлов давлением в программе ANSYS/LS-DYNA: материалы для подготовки курса лекций для повышения квалификации специалистов по моделированию процессов / Илюшкин, М.В. Ульяновск: УлГТУ, 2017. — 124 с.

Исследование ударостойкости хвостовых отсеков лопастей несущего винта вертолѐта

Сухарев И.А.

Научный руководитель — к.э.н. Рогов Н.В.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

В 1948 году совершил полет первый советский многоцелевой вертолет, разработанный опытно-конструкторским бюро М.И. Миля, и, не смотря на многолетнюю эксплуатацию вертолетов, они на сегодняшний день занимают прочное место среди других видов и типов воздушных судов. Современные вертолеты создаются и совершенствуются с высокими лѐтно-техническими характеристиками. В значительной степени лѐтно-технические характеристики вертолета определяются конструкцией фюзеляжа и несущего винта. Лопастей несущего винта эксплуатируются при различных режимах полета и испытывают циклическое нагружение, от их состояния зависит безопасность полета. Применение в вертолестроении современных новых композиционных материалов позволило существенно уменьшить массу и повысить коррозионную стойкость вертолета. Вертолеты активно применяются для выполнения различных задач, в том числе, и в южных регионах России. В этих регионах преобладает горная местность, погода в горах изменчивая, очень часто в теплое время года наблюдаются ливни и грозы с выпадением града. Величина градин иногда достигает размеров куриного яйца. Выпадение града такого размера имеет сезонный характер. Из анализа следует, что в основном град выпадает в июне, с 14 до 19 часов. На стоянке лопасти несущего винта вертолета являются незащищенными и могут получить повреждения от града, что может повлечь за собой невозможность дальнейшей эксплуатации вертолета. Если повреждены одна или несколько лопастей несущего винта вертолета, изготовленные из композиционного материала, то их необходимо заменить. Замена лопастей производится комплектом, и это ведет к дополнительным расходам. Поэтому необходимо поддерживать в исправном состоянии современные композиционные хвостовые отсеки лопастей несущего винта вертолета.

Цель проекта заключается в исследовании ударостойкости хвостовых отсеков лопастей несущего винта вертолета из композиционного материала.

Актуальность проекта состоит в определении ударостойкости хвостовых отсеков лопастей несущего винта вертолета из композиционного материала при воздействии града и выборе материала для защиты от воздействия града.

Для проведения исследования была изготовлена специальная установка. Вместо градин использовался падающий стальной шарик. Кинетическая энергия стального шарика была подобрана равной кинетической энергии градин различного диаметра. Исследования проводились на хвостовом отсеке лопастей несущего винта вертолета, изготовленных из композиционного материала. После воздействия каждой градиной различного размера составлялась карта повреждения хвостового отсека. На карте указывалось общее количество вмятин от града (стального шарика) на данном отсеке и средняя глубина повреждения.

Полученные повреждения на обшивке хвостовых отсеков лопастей несущего винта наблюдались, как правило, в виде выколов и нарушения клеевого соединения обшивки с сотовым заполнителем.

Таким образом, исследование ударостойкости хвостовых отсеков лопастей несущего винта вертолета из композиционного материала при воздействии града подтвердило, что лопасти могут быть допущены к дальнейшей эксплуатации после их осмотра. При воздействии градин диаметром 50 мм с номинальным значением кинетической энергии $T=1,75$ кгм были выявлены наиболее значительные повреждения. В результате выполнения работы сделан вывод, что при воздействии градин диаметром 50 мм необходимо использовать защитные блоки в виде чехлов. Использование защитных чехлов в горных районах позволит повысить безопасность полетов.

Список используемых источников:

1. Бараников А.А., Постнова М.В., Крашенинникова Е.В., Васюков А.Н. Применение новых технологий в производстве лопастей несущего винта вертолета // Труды ВИАМ. 2021. № 11(105). С. 91–102.
2. Абшаев М.Т. Радиолокационные структуры и динамика развития грозоградовых процессов Северного Кавказа// Труды VI Всесоюзного совещания по радиометеорологии. Л.: Гидрометеиздат. 1984. С. 109–115.
3. Сидоров И.Н., Митряйкин В.И., Горелов А.В., Шабалин Л.П. Исследование прочности композитной лопасти несущего винта вертолета, имеющей ударные повреждения, по теории предельного равновесия // Журнал Средневолжского математического общества. 2019. Т. 21. № 3. С. 343–352.

Аналитический обзор подходов к проектированию композитных конструктивно-анизотропных панелей несущих поверхностей летательных аппаратов с учётом особенностей деформирования

Тху Аунг Хан

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Гавва Л.М.
МАИ, Москва

В процессе проектирования конструкции летательного аппарата (ЛА) его прочность обеспечивается сочетанием расчетных и экспериментальных исследований. Минимальная масса конструкции планера является одним из основных критериев, определяющих совершенство конструкции летательного аппарата. При реализации критериев проектирования конструкции планера из композиционных материалов (КМ) следует учитывать совокупность факторов, определяющих характеристики деформирования композитов.

Композитные материалы, армированные волокнами, пользуются большим потребностям промышленности из-за их высокой удельной жесткости/прочности, особенно для применений, где снижение веса имеет решающее значение. Спользовании композитов, вес конструкции может быть значительно снижен. Дальнейшее сокращение также возможно за счет оптимизации самой системы материалов, такой как ориентация волокон, толщина слоев, последовательность укладки и т.д. Вопросы проектирования композитных панелей силового кессона в местах стыка консольной части крыла из КМ с центропланом среднемагистрального пассажирского самолета и вопросы влияния параметров панелей на напряженно-деформированное состояние и массу конструкции являются актуальными. Разработка методики проектирования крыла из полимерных композиционных материалов, объединяющая в себе обоснование конструктивно-силовой схемы и отдельных силовых элементов, является актуальной задачей.

Анализируются различные методики, используемые при проектировании панелей из композитных материалов с учетом их несущей способности и анизотропии структуры. Научные исследования проводились как зарубежными, так и отечественными авторами.

Представлен обзор основных концепций, связанных со структурой кессона отъемной части крыла из композиционных материалов и способами соединения кессона крыла с центропланом.

Панели в конструкции подвергаются разнообразным нагрузкам и функционируют в условиях изгиба, растяжения, сжатия, сдвига и кручения, при комбинированном нагружении.

В целях проектирования при определении рациональных/оптимальных параметров, расчета на прочность и устойчивость несущей поверхности применяются в качестве примеров:

- Методика проектирования подкрепленной композитной панели по несущей способности,
- Совместный численный метод оптимизации статика и основной частоты сложенных слоистых композитных пластин,

- Метод расчета для проектирования слоистых пластин с требуемыми жесткостными характеристиками,

- Оптимизационная методика проектирования больших композитных панелей, при условии нагружение изменяется по панели,

- Методика выбора рациональных параметров композитных стрингерных панелей крыла пассажирского магистрального самолета на ранних этапах проектирования по критерию минимума массы.

В обзоре представлены в виде формул:

- Постановки задач оптимизации, целевые функции,
- Математические модели и разрешающие уравнения,
- Ограничения по прочности, критерии прочности,
- Ограничения по устойчивости, критические усилия.

Авторами рассмотрены различные виды подкреплений, нагружения панели и критерии оптимизации.

Данный обзор дает возможность оценить текущее состояние проблемы и определить перспективы для будущих исследований. Необходимо разработать процедуры оптимального проектирования, направленные на снижение массы композитных конструктивно-анизотропных панелей при соответствии ограничениям по прочности и устойчивости с учетом особенностей деформирования. Процедуры реализации оптимальных размерно-весовых проектов основаны на новых уточнённых расчетных моделях.

Список используемых источников:

1. Попов Ю. И., Стрелец Д.Ю., Солошенко В.Н. Параметрический анализ композитных панелей кессона крыла пассажирского магистрального самолета // *Авиационная промышленность*. — 2017. — №4. — С. 4 – 10.

2. Азиков Н.С., Алипов А.Е., Косарев В.А. Проектирование подкреплённых композитных панелей // *Авиационная промышленность*. — 2013. — №3. — С. 35 – 39.

3. Peeters D., Abdallay M. Design guide lines in non-conventional composite laminate optimization. *Journal of Aircraft*, 2017, vol. 54, no. 4, pp. 1454 – 1464.

Стенд для комплексных испытаний эластомерных подшипников

Хажакян В.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бабин С.В.

Ступинский филиал МАИ, Ступино

Известно, что для полета вертолета лопасти воздушного винта должны совершать комплекс сложных движений для создания подъемной силы и маневрирования вертолета. Помимо вращения лопастей в составе втулки несущего винта лопасти должны совершать следующие движения:

1. Осциллирующие движения вокруг своей оси для управления полетом в горизонтальной плоскости (для изменения угла атаки лопасти);

2. Колебательные движения в горизонтальной плоскости (для компенсации разности лобового сопротивления профиля лопасти при ее движении в направлении полета вертолета и против направления полета);

3. Колебательные движения в вертикальной плоскости (для компенсации разности подъемных сил создаваемых лопастями при движении в направлении полета вертолета и против направления полета).

Для традиционной схемы вертолетов с целью реализации этих движений лопасти в конструкцию втулки несущего винта вертолета вводили осевой, горизонтальный и вертикальный шарниры. Наличие такого количества шарнирных соединений приводило к увеличению веса несущей втулки винта, повышению сложности, стоимости и уменьшению ресурса вертолета. Развитие вертолетных систем привело к созданию замены трех шарнирных соединений одним — в виде эластомерного подшипника, который позволяет выполнять все движения лопасти без снижения эффективности.

В настоящей работе представлен стенд для комплексных испытаний эластомерных подшипников втулки несущего винта. Стенд позволяет проводить и исследовать качество изготовления подшипников при их изготовлении в условиях серийного производства. На стенде можно изучать сдвиговые характеристики слоев резины при нагружении эластомерного подшипника изгибающей силой и скручивающей силой.

При изучении сдвиговых характеристик эластомерных слоев подшипника под действием изгибающей силы нагрузка задается с помощью гидроцилиндра от гидравлической станции. Контроль и фиксирование нагрузки, а также угла изгиба подшипника осуществляется соответственно с помощью тарированных тензодатчиков, инкрементного преобразователя угловых перемещений и цифровых каналов измерительного комплекса стенда. Одновременно с приложением нагрузки производится фотографирование на цифровую камеру эластомерных слоев подшипника и их смещение. В дальнейшем производится обработка цифрового снимка в системе CAD Tflex с целью контроля смещения слоев. По результатам обработки принимается решение о годности эластомерного подшипника.

При изучении сдвиговых характеристик эластомерных слоев подшипника под действием вращающей силы принцип нагружения и фиксация характеристик подшипника аналогичен изгибному нагружению.

Изучение сдвиговых характеристик эластомерных слоёв подшипника производится последовательно сначала при приложении изгибающей нагрузки, затем при приложении вращающего момента.

Применение искусственного интеллекта в комплексе с фотографическим методом измерения смещения эластомерных слоев позволяет автоматизировать процедуру сдаточных испытаний эластомерных подшипников для втулок несущих винтов вертолетов.

Поиск оптимальных материалов наполнителя аэродинамических поверхностей летательного аппарата

Шалынков С.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Морозов В.В.

ТулГУ, Тула

С каждым годом актуальность применения беспилотных летательных аппаратов в различных областях жизнедеятельности человека увеличивается. Совместно с этим повышаются и требования к летательным аппаратам. Остро стоят вопросы уменьшения массы конструкции, повышения жесткости аэродинамических поверхностей, увеличения автономности, массы полезной нагрузки, совершенствования технологии изготовления и другие.

На летательных аппаратах с большим удлинением аэродинамических поверхностей масса конструкции крыла составляет значительную часть от общего взлетного веса самолета или БПЛА, поэтому немаловажно уделить особое внимание технологиям и материалам, используемым при изготовлении летных образцов.

Для оптимизации массовых и прочностных характеристик летательного аппарата широко применяются композиционные материалы, а также ведется поиск и оптимизация классических силовых схем.

Одним из вариантов оптимизации конструкции аэродинамических поверхностей летательного аппарата является возможность наполнения консоли крыла материалом с низкой плотностью и достаточной жесткостью и прочностью для эффективной работы конструкции на изгиб.

В ходе данной работы были изготовлены несколько образцов с различными комбинациями материала наполнителя и оболочки, также оценена возможность применения аддитивных технологий для изготовления оптимизированных по массе силовых структур из материалов с низкой плотностью.

Для проведения прочностных испытаний был разработан стенд, с помощью которого получены значения прогиба фрагмента консоли крыла, определена критическая сила, при превышении которой исследуемый образец теряет свои эксплуатационные свойства.

Конструкция стенда проста, её можно разделить на несколько больших частей: силовая рама, консольное крепление фрагмента крыла, система точечного нагружения и модуль системы измерения нагрузок с устройством регистрации величины изгиба.

Также для предварительной оптимизации эксперимента было проведено численное моделирование прочностных свойств фрагмента консоли крыла и отобраны основные претенденты для испытаний.

Таким образом, в ходе выполнения работы была отобрана одна из перспективных комбинаций наполнителя и силовой структуры по критериям минимальной массы, технологичности, прочности и жесткости.

Список используемых источников:

1. Шалынков С.А., Петропавловский О. И. «Применение вспенивающихся материалов при изготовлении конструкций ЛА с помощью аддитивной технологии послойного наплавления» // Сборник тезисов докладов XLIX Международной молодежной научной конференции. — Москва: Издательство «Перо», 2023. — 595 — 596 с.
2. Васильев, В.В. Композиционные материалы [Текст] / В.В. Васильев, В.Д. Протасов, В.В. Болотин [и др.]. — М.: Машиностроение, 1990. — 512 с.
3. C.Y. Niu — Composite airframe structures. Third edition. — Hong Kong Conmilit Press Ltd, 2010. — 500 p.

Секция №1.3 Математическое моделирование и управление жизненным циклом изделия

Реверс-инжиниринг авиационного поршневого двигателя для БПЛА

Захаров А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Калачев О.Н.

ЯГТУ, Ярославль

Предлагаемый проект предложен одним из Ярославских заводов с целью ускорения конструкторско-технологической подготовки производства двигателя для БПЛА на базе конкретной китайской модели. Купленный заводом двигатель был нам передан.

С заводом было согласовано техническое задание на разработку конструкторской документации путем воссоздания геометрии, причем сразу в виде цифрового 3D-прототипа. В ходе учебного процесса нам не приходилось работать со сканером, обрабатывать облако точек до состояния векторной геометрии, и печать на 3D-принтере; нам только демонстрировали работу этих устройств, поэтому все эти технические средства требовали освоения.

Наш опыт работы в CAD Компас-3D в рамках учебного процесса ограничивался построением чертежей и простейших 3D-моделей. Однако на лекциях мы получили представление о наличии специализированного модуля аннотирования 3D-моделей с нанесением всех тех размеров и технических требований (ТТ), которые традиционно размещаются на чертеже.

Поэтому нам было интересно попробовать выйти за рамки создания электронных чертежей и подготовить цифровой прототип на современном уровне, декларированном на Западе как идеология MBD. На лекции показывали ролики ASCON-3D, а в youtube имеются материалы по практическому использованию инструментов нанесения ТТ на объемную модель.

Поскольку на нашей кафедре «Компьютерно-интегрированная технология машиностроения» ЯГТУ несколько лет назад МИП «АйТиТехмаш» было приобретено необходимое программное обеспечение и оборудование, то задачи проекта формулируются следующим образом.

1. Выполнить разборку изделия.
2. Изучить и освоить методы реверс-инжиниринга с использованием 3D-сканера, программы векторизации, 3D-принтера, отечественной CAD-системы.
3. Создать комплект трёхмерных моделей деталей и сборочных единиц в CAD-системе КОМПАС-3D по идеологии MBD.
4. Подготовить чертежи и реализовать ассоциативные связи созданных 3D-моделей с порожденными чертежами (в части двунаправленной корректировки геометрии).
5. Оформить комплект конструкторской документации в соответствии с современными требованиями ЕСКД к электронным документам.

На первом этапе был освоен кафедральный 3D-сканер Shining 3D Einscan SE и выполнено сканирование детали корпуса, в презентации более подробно показаны результаты.

Программа Geomagic Desing X позволяет полностью конвертировать полученное «облако точек» сканированной детали в векторную модель с требуемой точностью конфигурации, которую затем можно доработать в обычной CAD-системе, например, в Компас-3D.

Далее мы использовали возможности модели-ориентированного проектирования «model-based definition» (MBD) и выполнили аннотирование 3D-модели, т.е. нанесли все необходимые технические требования, что в принципе позволяет отказаться от чертежей, тем более что конструкторы завода, как выяснилось, частично уже перешли на подобные электронные модели и «бесбумажную технологию».

На следующем шаге модель была напечатана на 3D-принтере. Вот так выглядит исходная деталь из алюминиевого сплава и напечатанная из пластика. В дальнейшем, по просьбе завода,

для выставки напечатали макет внешних деталей двигателя по полученному сканированием облаку точек.

В ходе реализации проекта по результатам сканирования разобранного китайского авиационного двигателя нами было разработано и напечатано более 45 моделей деталей и выполнена сборка натурального натурного образца, который был выставлен на выставке изделий для армии на стенде завода.

Выводы

1. Практически исследована возможность получения конструкторской документации путем реверс-инжиниринга разобранного образца двигателя, переданного предприятием.
2. Освоены методика применения 3D-сканера Shining 3D Einscan SE, ПО векторизации Geomagic Design X, доработки в CAD КОМПАС-3D, воссоздание изделия из пластика с помощью 3D-принтера Anycubic I3 Mega
3. Выполнены электронные модели более 45 деталей двигателя с элементами параметризации и двунаправленной ассоциативной связи 3D-моделей с традиционными чертежами; эта часть работы позволит ускорить отработку на технологичность и совместимость с предприятиями-смежниками, не перешедшими на новые стандарты первичности 3D-моделирования.
4. По опробованной методике завершается разработка конструкторской документации для серийного изготовления данного изделия на предприятии.
5. Наличие цифрового прототипа позволяет перейти к следующему этапу — проектирования литейной оснастки и разработке управляющих программ изготовления формообразующих деталей.

По отзыву Исполнительного директора предприятия «модели, напечатанные студентами... стали основой для продолжения работ... по указанной теме... и [завод] приглашает их для трудоустройства без предварительных условий.»

Список используемых источников:

1. Reverse engineering in product manufacturing: an overview. Kumar A.; Jain, P. K. & Pathak, P. M. [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://www.daaam.info/Downloads/Pdfs/science_books_pdfs/2013/Sc_Book_2013-039.pdf
2. РБК Компании [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://companies.rbc.ru/news/949e648d-6ad7-4483-81f9-b1d5e455291b/revers-inzhiniring---instrument-dlya-importozamescheniya/>.
3. DLE [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.dlengine.com/en/rcengine/dle30/>.
4. ИРИСОФТ [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.irisoft.ru/interesting/chto-oznachaet-i-dlya-chego-nuzhna-annotirovannaya-model-mbd/>.

Моделирование процессов тепломассопереноса в кабине учебно-тренировочного самолета

Козлова Т.С., Надер М.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Куликов С.Н.

МАИ, Москва

С 60-х годов прошлого столетия специалистами НИИ гигиены труда АН СССР изучалось влияние факторов рабочей среды и прежде всего температуры и влажности воздуха на работоспособность и самочувствие человека [1]. Сегодня это основные, но не единственные параметры оценки, к ним добавляются: относительная влажность воздуха, температура стен и окружающих предметов, подвижность воздуха, тепловое облучение и ряд других параметров.

Пилоты самолетов трудятся на специфических рабочих местах — вибрации, давление, температура, состав воздуха, теснота кабины и малая подвижность и все это помимо нервного напряжения, требования зрительного внимания к пилотажно-навигационному оборудованию и воздушной обстановке, кроме того, он должен в этих условиях быстро принимать ответственные решения.

Не случайно по данным Aviation Safety Network 56 % авиакатастроф происходит по вине экипажа.

Задачу обеспечения комфортных условий работы экипажа и обитаемости рабочих мест должны решать инженеры-эргономисты, причем начиная со стадии проектирования.

Для уже созданных и эксплуатирующихся самолетов актуальной остается задача исследование с целью оптимизации процессов тепломассопереноса воздушных масс в кабине экипажа.

Неподходящая температура, давление, процентное содержание кислорода приводят к дискомфорту экипажа, при этом пилоту становится затруднительно качественно и продолжительно выполнять поставленные задачи.

В докладе представлены результаты создания имитационной модели процессов тепломассопереноса воздушных потоков в кабине учебно-тренировочного самолета УТС-800, являющейся инструментом для исследования температурных полей в кабине экипажа в различных режимах полета с целью обеспечения комфортных условий работы пилотов.

В качестве тепловых нагрузок использовались: солнечная радиация, теплопередача через стенки и фонарь кабины от наружного воздуха, выделения тепла членами экипажа и бортовым электрооборудованием.

Созданная имитационная модель позволяет исследовать работу системы кондиционирования воздуха в кабине УТС-800 при различных режимах полета и условиях окружающей среды.

Список используемых источников:

1. Обитаемость рабочих мест: учебное пособие / В. А. Невровский. — Москва: ИНФРА-М, 2019. — 136 с.

Особенности математического моделирования СКВ сверхзвуковых самолётов

Лоренц А.Е., Румянцев П.А.

Научный руководитель — к.т.н. Лихачёв И.В.

ФАУ «ГосНИИАС», Москва

Мировое авиационное сообщество приступило к созданию гражданской сверхзвуковой авиации нового поколения. Первые сверхзвуковые пассажирские самолёты Concorde и Ту-144, выполненные на технологической базе конца 60-х-начала 70-х годов, в целом показали перспективность сверхзвуковых пассажирских перевозок, но и выявили основные отрицательные аспекты их использования.

Сегодня в области создания сверхзвукового гражданского самолета (СГС) нового поколения работают несколько авиационных фирм: Boom Technology с самолётом XB-1 Baby Boom, Spike Aerospace с самолётом Spike S-512 и проект X-59 QueSST фирмы Lockheed Martin.

Широкий диапазон условий лётной эксплуатации сверхзвуковых самолётов с радикально изменяемым теплопритоком усложняет решения задачи жизнеобеспечения человека на борту и обеспечения требуемых режимов работы бортовых систем. Это создаёт особые условия к функциям и конструкции системы жизнеобеспечения самолёта, в том числе к системе кондиционирования воздуха.

Система кондиционирования воздуха (СКВ) необходима для поддержания давления и температуры воздуха в герметичной кабине самолета на уровне, обеспечивающем нормальную жизнедеятельность человека [2]. СКВ обычно представляет собой сложно-разветвленную сеть из трубопроводов, включающую теплообменники, заслонки и т.д. В большинстве СКВ современных ЛА в качестве источника сжатого воздуха используется компрессор авиационного двигателя. Воздух, отбираемый от компрессора двигателя, поддерживает необходимое давление и вентилирует гермокабину.

Разрабатываемые прототипы зарубежных СГС, по косвенным сведениям, будут иметь схемные решения комплексных СКВ, построенные без классического отбора воздуха от компрессоров двигателей с применением автономных воздушных электрокомпрессоров. Системы подготовки воздуха предположительно строятся на основе воздушных холодильных

машин (ВХМ) и электрических установок охлаждения с сочетанием моторизированной ВХМ и парокompрессионной холодильной машины (ПКМ) [1].

ФАУ «ГосНИИАС» проводит математическое моделирование СКВ с тестированием различных совокупностей технологий устройства систем подготовки и распределения воздуха для выбора наиболее перспективных вариантов. Практическая цель работы — формирование научно-технического задела в области СКВ с использованием совокупности технологий для перспективных ВС с высоким уровнем электрификации и обеспечения синтеза рациональных архитектур СКВ для конкретных проектов новых ВС.

В процессе моделирования рассматриваются принципы устройства систем подготовки и распределения воздуха: системы подготовки воздуха на основе холодильных машин воздушного цикла (МВЦ), ПКМ, сочетание МВЦ и ПКМ; охлаждение воздуха на основе системы вихревых неадиабатных труб; охлаждения воздуха в последовательных объемах с докритическим перепадом давлений между ними; нагнетатели воздуха центробежными лопаточными устройствами с турбинными пневматическими тормозами в тракте отбора воздуха; использование моторизированных турбохолодильников; использование жидкостных систем термостатирования бортового оборудования.

Модель СКВ должна содержать набор теплообменного оборудования и систему управления, состоящую из локальных систем управления агрегатами и общей системы управления, обеспечивающей связь с системой управления самолетом. Динамика модели определяется изменением сигналов, формирующихся в схеме входных данных и передающихся в схему теплогидравлики [3].

Схемотехнические решения СКВ на основе нагнетателей с электрическим приводом для перспективных сверхзвуковых самолетов многообразны. Для выбора оптимальной структуры такой СКВ для конкретного самолета и с целью создания научно-технического задела по системам такого типа требуется рассмотреть множество различных конфигураций для формирования базы знаний по СКВ с электроприводными нагнетателями (ЭН) и гибридным СКВ, где ЭН сочетаются с другими источниками подачи свежего воздуха в гермокабину самолета.

В общем виде электронагнетательная СКВ состоит из классических компонентов [4]: подсистемы подготовки воздуха наддува, включающей подсистему подачи наружного воздуха с использованием ЭН и установку охлаждения воздуха; подсистемы распределения воздуха в ГК с контуром рециркуляции и системой автоматического регулирования давления (САРД).

Сейчас проводится численное моделирование комплекса парокompрессионной системы охлаждения воздуха с использованием абсорбционных холодильных систем на тепле силовой установки и кондиционирование воздуха с использованием ПКМ.

Такие модели СКВ позволяют проводить расчеты параметров воздуха по тракту системы с учетом особенностей управления заслонок по датчикам температуры, давления и в зависимости от профиля полета. Результаты моделирования дают оценить массовые и энергетические характеристики структурных схем СКВ для сравнительного анализа.

На основании предварительных расчетов можно сделать вывод о том, что внедрение схемы СКВ с независимыми нагнетателями и исключение отбора воздуха от двигателей приведет к снижению расхода топлива.

Список используемых источников:

1. Каллиопин А. К., Савельев Р. С., Смагин Д. И. Основные тенденции развития систем кондиционирования воздуха перспективных летательных аппаратов //Инженерный журнал: наука и инновации. — 2017. — №. 6 (66). — С. 13.
2. Шустров Ю.М., Булаевский М.М. Авиационные системы кондиционирования воздуха: учеб. пос. для студентов авиационных специальностей вузов. М.: Машиностроение, 1978. 160 с.; ил.
3. Тищенко И. В., Лавров Н. А., Хуциева С. И. Создание динамической модели для отработки контура регулирования температуры в системе кондиционирования воздуха

самолета //Холодильная и криогенная техника, системы кондиционирования и жизнеобеспечения. — 2020. — С. 347 – 355.

4. Чичиндаев, А. В. Современные системы кондиционирования воздуха / А. В. Чичиндаев. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2022. — 80 с.

Информационные технологии поддержки жизненного цикла изделия техники

Мамедов Р.В., Лазарев А.М., Кометов И.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бурковецкий К.А.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург

Информационные технологии (ИТ) играют важную роль в поддержке жизненного цикла изделия техники — от его разработки и производства до использования, обслуживания и утилизации.

Во время разработки изделия техники ИТ могут быть использованы для создания и анализа 3D-моделей, проведения симуляций и виртуальных испытаний, решения задач проектирования и инженерии. Это помогает ускорить процесс разработки, улучшить качество продукта и уменьшить затраты на его производство.

В процессе производства ИТ позволяют автоматизировать множество операций, контролировать качество сырья и компонентов, оптимизировать производственные линии и управлять процессом с помощью различных информационных систем. Также ИТ могут быть использованы для отслеживания и контроля сроков производства, управления запасами и логистикой.

Предприятия оборонно-промышленного комплекса, а также вузы нашей страны заинтересованы в создании электронной документации на продукцию, а также применение интерактивных технологий для обучения сотрудников и студентов.

Цель исследования — сформировать модель облика программного продукта (ПП) для информационной поддержки жизненного цикла изделия, разработка его структуры и создание универсального шаблона.

Началом исследования стал выбор среды разработки ПП. Был проведён анализ существующих ПП, предназначенных для формирования электронной документации, такие как Powerguide, Seamatica, Vdocumentation, Unity, Unreal engine. В качестве сравнения были выбраны следующие критерии:

- Бесплатное программное обслуживание;
- Современный интерфейс;
- Перспективы развития;
- Не требует знаний определенного языка программирования;
- Работа с 3D визуализацией.

По результатам проведенного анализа, по выдвинутым требованиям, была выбрана среда разработки Unreal engine.

Подготовка материалов, таких как 3D модели и чертежи, производятся в САПР SolidWorks, которые импортируются через специальный плагин в саму среду разработки.

В выбранной среде разработки есть возможность создания виртуального окружения, которое может дополнить повествование о рассматриваемом объекте. Возможно формирование локаций, добавление на них оборудования, инструментов, приборов, мебели и многое другое.

Рассмотрим структуру разрабатываемого ПП. Структура состоит из следующих основных компонентов:

1. Главное меню
 - 1.1. Общие сведения
 - 1.2. Устройство техники
 - 1.3. Технические характеристики
 - 1.4. Галерея
 - 1.5. Носители
 - 1.6. Тестирование

Одной из важнейших вкладок является «Устройство техники».

На уровне установлена 3D модель техники, вокруг которой возможно осуществлять вращение, приближение и отдаление камеры. Далее, производится переход к 3D модели составных частей.

Особенность данного ПП является показ чертежей общего вида, которые предназначены для обучения студентов — будущих конструкторов примеру выполнения чертежей по требованиям единой системы конструкторской документации (ЕСКД). В перспективе планируется создание чертежей для каждого комплектующего.

Одной из вкладок является «Видеоматериалы», в которой для примера показано применение техники. Следующей вкладкой представлено техническое описание компонентов рассматриваемой части изделия. Показаны иллюстрации, описание структуры и работы каждого элемента.

Заключительной вкладкой является блок тестирования (контроля знаний) по изученному материалу. Представлен вопрос и 4 варианта ответа. С результатами прохождения теста возможно ознакомиться по окончании тестирования.

Перспективой развития разрабатываемого ПП может быть реализация в данной среде разработки тренажёров для различных видов техники.

Список используемых источников:

1. Жизненный цикл программного обеспечения: методология разработки и управления / А.Н. Гранатуров, А.С. Петров, А.В. Кручинин.
2. Концептуальные основы информационных технологий управления жизненным циклом изделий / Е.В. Ковалев, В.В. Розовский, Л.Д. Петрова.
3. Информационные системы управления жизненным циклом товаров / А.П. Зеленский, Е.Н. Алексеев, О.А. Крягина.
4. Моделирование жизненного цикла изделия с использованием информационных технологий / В.А. Гладков, А.В. Минаев, О.В. Шимшайтис

Инновационный подход к тепловому контролю сот в конструкции воздушного судна

Марин Я.О., Герасименко А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Крылов А.А.
ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

В целях повышения безопасности полётов военной и гражданской авиации, специалисты инженерно-авиационной службы применяют различные методы для контроля целостности и обнаружения дефектов в конструкции планера. Примером такого метода служит тепловой контроль, основанный на принципе использования тепловых изменений для обнаружения дефектов или неоднородностей в материалах без их разрушения. В тепловых методах неразрушающего контроля результат получается за счёт тепловой энергии, распространяющейся в объекте контроля. Температурное поле поверхности объект, в этом случае, представляет собой источник информации об особенностях процесса теплопередачи, на характер которых, в свою очередь, влияет наличия наружных или внутренних дефектов.

Одним из факторов, приводящих к нарушению целостности элементов конструкции самолёта с сотовым наполнителем является накопление и задержание воды внутри сотовых структур. Вода может вызывать коррозию металлических элементов, входящих в состав сотового наполнителя, а также замерзать на больших высотах полёта. Коррозия уменьшает прочность и структурную целостность компонентов наполнителя, а образование льда служит причиной дополнительного увеличения веса и нарушению аэродинамических свойств, что оказывает негативное влияние на управляемость самолета.

Целью исследования является разработка методики активного теплового контроля определения воды в элементах конструкции самолёта с сотовым наполнителем.

Рассмотрен и воспроизведён процесс определения воды в элементах конструкции самолёта с сотовой структурой. Поставлен полный факторный эксперимент типа 2³ при

проведении активного теплового контроля, и получен математический аппарат, описывающий процесс исследования.

Результаты исследования могут быть использованы для оптимизации и повышения качества контроля состояния элементов конструкции самолёта с сотовой структурой в процессе эксплуатации.

Список используемых источников:

1. ГОСТ 23483-79. Контроль неразрушающий. Методы теплового вида. Общие требования. Государственные и международные стандарты в области неразрушающего контроля. — М.: НТЦ по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России, 2004.
2. Инфракрасная термография и тепловой контроль. В.П. Вавилов. — М: Спектр 2009 г.
3. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Ю.П. Адлер. — М: Наука 1976 г.

Анализ цикла охлаждения с двухступенчатым расширением авиационной электрической системы кондиционирования воздуха с помощью математической модели

Паневин А.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гришина Л.А.

МАИ, Москва

Одним из путей энергетического совершенствования электрической системы кондиционирования воздуха является реализация оптимальной схемы охлаждения рабочего воздуха, отбираемого от электроприводного автономного компрессора (АК), который является источником наддува гермокабины (ГК) самолета. Данное обстоятельство возможно с помощью анализа различных структурных схем охлаждения, использующихся в авиационной технике.

В схеме охлаждения с двухступенчатым расширением используются две ступени турбины, что позволяет уменьшить требуемую степень сжатия АК, температуру рабочего воздуха на выходе из второй ступени турбины, а, следовательно, и потребные расходы на вентиляцию ГК [1].

В работе разработана математическая модель (ММ) авиационной установки охлаждения воздушного цикла с двухступенчатым расширением, которая состоит из следующих частей: ММ первичного и вторичного теплообменных аппаратов, ММ компрессора турбохолодильника (ТХ), ММ теплообменника-подогревателя и теплообменника-конденсатора, установленных по схеме «петля», ММ двухступенчатой турбины ТХ.

Также в ММ реализован процесс подмеса воздуха. Путем промежуточного отбора горячего воздуха перед компрессором ТХ и его дальнейшего подмеса к охлажденному воздуху посредством регулирующих заслонок, изменяется температура воздуха на выходе из подсистемы охлаждения.

С помощью ММ исследованы следующие процессы:

1. Влияние изменения расхода воздуха через обводные каналы при постоянной температуре на выходную температуру воздуха из подсистемы охлаждения.
2. Влияние распределения мощности между компрессором ТХ и вентилятором ТХ на выходную температуру воздуха из подсистемы охлаждения.
3. Совместное влияние эффективности первичного и вторичного теплообменных аппаратов на выходную температуру воздуха из подсистемы охлаждения.
4. Совместное влияние эффективности теплообменника-подогревателя и теплообменника-конденсатора на выходную температуру воздуха из подсистемы охлаждения.

Список используемых источников:

1. Шустров Ю.М. Проектирование авиационных систем кондиционирования воздуха. — М.: Изд-во Машиностроение, 2006. — 384 с.

Сбор и хранение информации о текущем статусе системы управления логистической поддержкой послепродажного обслуживания авиационной техники

Пелих Е.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Куприков М.Ю.

МАИ, Москва

При передаче функций обеспечения этапа эксплуатации и поддержания исправности авиационной техники компании-контрагенту, она берет на себя, в том числе, логистические процессы доставки комплектующих эксплуатанту по соответствующему запросу. Обработка таких запросов может быть реализована в рамках автоматизированной системы управления (АСУ). Одним из обязательных условий работоспособности такой системы является сбор и хранение данных о текущем состоянии системы и ее действующих лиц. Данных должно быть необходимо и достаточно для того, чтобы провести последующий анализ наиболее оптимальных путей доставки комплектующих и инженерно-технического состава (ИТС) к местонахождению выполнившего запрос эксплуатанта. Анализ существующих цепочек поставок комплектующих позволил выявить факторы, оказывающие наиболее существенное влияние на анализ наиболее оптимальных путей доставки:

1. Информация о складах компании-посредника и наличии на них необходимых комплектующих
2. Информация о плане полетов бортов компании-посредника
3. Информация о загрузке бортов на каждый рейс и ограничениях на вес для каждого борта
4. Информация о загрузке ИТС и его плане работ
5. Информация о запрошенных от производителей комплектующих о сроках их поставки и месту поставки и требуется ли организация самостоятельной транспортировки
6. Информация о плане полетов обслуживаемых компанией воздушных судах
7. Информация о налете каждого из самолетов и остатке ресурса до плановых технических работ каждого из самолетов
8. Информацию о технических неисправностях каждого из самолетов
9. Расстояние между складами компании-посредника
10. Стоимость часа полета каждого из самолетов
11. Информация об экипаже самолетов, его плане полетов и загрузке, местоположении и времени отдыха

Включение вышеперечисленных факторов в алгоритм принятия решений АСУ позволит создать базу данных для дальнейшей обработки и выработки оптимального результата.

Алгоритмы обработки запросов, поступающих в систему, нацелены на выработку наиболее оптимального пути доставки комплектующих заказчику. Быстрота обработки и передачи данных задаёт требования к актуальности данных на момент запроса. Наиболее высокую степень актуальности и надежности данных, их хранения и сбора может обеспечить только автоматизированный сбор данных, в котором не присутствует человеческий фактор.

Список используемых источников:

1. Ямпольский С. М., Головин В. Я. Актуальные вопросы автоматизации управления поставками предметов материально-технического обеспечения для послепродажного обслуживания авиационной // Труды МАИ. 2013. №69.
2. Korkeamaki L., Kohtamaki M., Parida V. Worth the risk? The profit impact of outcome-based service offerings for manufacturing firms // Journal of Business Research. — 2021. — № 131. — С. 92–102.

Сравнительный анализ подходов к моделированию срезного болта одномерными конечными элементами

Титов Е.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Серебрянский С.А.

МАИ, Москва

Проектирование и конструирование агрегатов летательных аппаратов на этапах жизненного цикла изделия происходит с учётом многих нормативных документов, которым разрабатываемый агрегат должен строго соответствовать [1].

При воздействии сверхрасчётной нагрузки на конструкцию происходит разрушение её элементов [2]. Для избегания неконтролируемого разрушения всей конструкции, в особо ответственных узлах авиационных конструкций, таких как узлы навески основной опоры шасси (ООШ) на бак-кессон или узлы навески пилона маршевой силовой установки на бак-кессон, в конструкции узлов навески предусматриваются особые элементы, которые должны передавать расчётную нагрузку на основной силовой каркас агрегата, но разрушаться и разъединять узел при превышении расчётной нагрузки, с целью недопущения передачи опасных для силовой конструкции нагрузок [3].

Данный особо ответственный элемент конструкции имеет два ограничения по прочности: минимальная и максимальная сила, передаваемая через данный узел. И расчёт данного элемента с минимальными ошибками напрямую повышает отказобезопасность, эксплуатационную технологичность и живучесть конструкции самолёта [4].

При конструировании узлов какого-либо агрегата (например, ООШ) используют множество точек навески. У современных пассажирских самолётов насчитывается около пяти узлов крепления. Помимо этого, сама конструкция ООШ требует большого количества вычислительных мощностей для моделирования её напряжённо-деформированного состояния (НДС) с использованием трёхмерных конечных элементов (КЭ). Как следствие, при таком подходе к моделированию слабых звеньев и конструкции ООШ в общем, итерационный подход к подбору сечений слабых звеньев конструкции невозможен.

Для оптимизации расчёта НДС конструкции и, в частности, слабых звеньев, предлагается несколько методик, основанных на моделировании конструкции одномерными элементами. Данный способ значительно снижает сложность расчёта, однако, может быть неприемлем для расчёта слабых звеньев конструкции ввиду большой ошибки по сравнению с реальным поведением конструкции в аналогичной ситуации.

В данной работе рассматриваются подходы к моделированию срезного болта с использованием одномерных элементов, что позволяет оптимизировать расчёт всех конструкций и, как следствие, уменьшить время моделирования поведения всего агрегата под воздействием сверхрасчётных нагрузок.

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники / А.Г. Братухин, С.А. Серебрянский, Д.Ю. Стрелец [и др.]. — М: МАИ (НИО), 2020. — 448 с.
2. Е. И. Титов, С. А. Серебрянский Теоретическая модель методики проектирования узлов навески шасси с учётом уточнённого расчёта при проектировании срезных болтов / Тезисы 2-ой Международной конференции, Алушта, 2023 г. — М: Изд. "Перо", 2023 — С. 215 – 216.
3. Титов Е.И. Расчёт слабых звеньев конструкции основных опор шасси самолёта в статической постановке задачи / Материалы 58-х Научных чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского — Калуга: ИП Стрельцов И.А., 2023. — С. 331 – 334.
4. Ю.И. Попов, С.А. Серебрянский, М.В. Майсак, К вопросу обеспечения эксплуатационной живучести конструкции планера самолета / Справочник. Инженерный журнал. — 2019.– №12(273). — С.32 – 39.

К вопросу снижения интенсивности вихревого течения перед воздухозаборником низкорасположенного турбовентиляторного двигателя магистрального самолёта в процессе руления

Ушаков И.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Серебрянский С.А.

МАИ, Москва

В процессе эксплуатации современных магистральных пассажирских самолетов «Нормальной» аэродинамической схемы с турбовентиляторными двигателями, расположенными на пилонах под крылом, возможно возникновение вихревого течения между поверхностью аэродрома и входной кромкой воздухозаборника [1]. При определенной интенсивности вихревое течение способно захватить мелкодисперсные посторонние предметы (ПП), которые соударяясь с поверхностью аэродрома поднимаются и с потоком воздуха попадают в газотурбинный тракт двигателя [2].

Последующее соударение ПП с элементами конструкции силовой установки может привести к появлению недопустимых для продолжения эксплуатации повреждений, что в свою очередь значительно увеличивает время простоя воздушного судна (ВС) и затраты эксплуатирующих организаций на восстановление летной годности. Высокая вероятность повреждения элементов конструкции силовой установки и планера ВС может явиться причиной формирования значительных ограничений при определении ожидаемых условий эксплуатации.

В настоящее время современные методы, направленные на снижение интенсивности вихревого течения и вероятность его возникновения, можно разделить на эксплуатационные и конструктивные. Одним из наиболее часто используемых в мировой практике авиастроения эксплуатационным методом снижения вероятности возникновения рассматриваемого явления является взлет самолета с «додачей» тяги двигателя, что позволяет сдуть вихревые жгуты, образующиеся перед воздухозаборником силовой установки. Данное явление использовано в работе для определения рекомендуемой скорости руления ВС по поверхности аэродрома [3].

В ранних работах определено, что интенсивность вихревого течения возрастает при увеличении скорости бокового ветра и массового расхода воздуха силовой установки (увеличение режима работы двигателя). В данной работе рассматривается влияние скорости набегающего потока на интенсивность вихреобразования с использованием CAE-технологий на основе программного комплекса ANSYS.

Получены результаты расчетов, показывающие особенности влияния скорости набегающего потока на расположение точки присоединения вихревого жгута к поверхности аэродрома, а также интенсивность вихревого течения. Сформированы рекомендации, направленные на снижение вероятности возникновения интенсивного вихревого течения для рассматриваемого прототипа ВС в рамках разработки эксплуатационных методов защиты низкорасположенных двигателей от попадания ПП.

Список используемых источников:

1. Цифровые технологии в жизненном цикле Российской конкурентоспособной авиационной техники / А. Г. Братухин, С. А. Серебрянский, Д. Ю. Стрелец [и др.]. — Москва: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2020. — 448 с. — ISBN 978-5-4316-0694-6.
2. Ушаков И.О., Серебрянский С.А. Исследование эффективности струйных систем защиты для газотурбинных двигателей самолета от попадания посторонних предметов // Тезисы 2-ой Международной конференции «Скоростной транспорт будущего: перспективы, проблемы, решения». МАИ (НИУ). 2023. С. 53 – 56.
3. Ушаков И.О. Математическое моделирование процесса вихреобразования на входе в дозвуковой воздухозаборник магистрального самолета / И.О. Ушаков, С.А. Серебрянский // Инженерный журнал: наука и инновации — 2024. № 2(146). <http://dx.doi.org/10.18698/2308-6033-2024-2-2336>

Моделирование автономного гидропривода с адаптивным блоком питания

Чулков М.В.

Научный руководитель — к.т.н. Волков А.А.

МАИ, Москва

В настоящее время при проектировании системы управления самолета рассматривается применение автономных гидравлических рулевых приводов с индивидуальным блоком питания, энергопитание которых обеспечивается электрическим током. Основная причина низкой распространенности таких приводов — значительные тепловыделения по сравнению с приводами, получающими питание от централизованной бортовой гидросистемы самолета. Известны различные конструкции автономных рулевых приводов, различающиеся способами преобразования электрической энергии в гидравлическую и механическую и принципами регулирования скорости, например, электрогидростатические приводы с реверсивным электродвигателем [1], приводы с комбинированным регулированием скорости [2, 3, 4].

В данной работе исследуется структура адаптивного блока питания автономного привода. Насос переменной подачи с приводом от электродвигателя вырабатывает гидравлическую мощность только для преодоления фактической аэродинамической нагрузки, действующей на шток гидроцилиндра. Разработан алгоритм обратной связи по перепаду давлений в камерах исполнительного гидроцилиндра. В структуру привода параллельно золотниковому распределителю второго каскада усиления включен перепускной клапан для снижения сопротивления в линии слива из гидроцилиндра при помогающих нагрузках. Это решение позволит уменьшить тепловые потери на дросселирование жидкости в рабочих окнах золотника.

Работоспособность предложенной структуры проверена имитационным моделированием. Приведены результаты моделирования, включающие в себя сравнение тепловых потерь на нагрев рабочей жидкости для структур автономного привода с адаптивностью и без нее.

Список используемых источников:

1. Шумилов И.С. Рулевые приводы с автономным гидропитанием (АРП) для магистральных самолетов. // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2014. № 8. С. 139 – 161
2. Селиванов А.М. Автономный электрогидравлический рулевой привод с комбинированным регулированием скорости выходного звена. // Вестник МАИ, Т. 17. N 3. С. 37 – 41
3. Алексеев А.С. Исследование характеристик и рабочих процессов автономного электрогидравлического рулевого привода с комбинированным регулированием скорости. // Современные проблемы науки и образования. 2014. N 2.
4. Алексеев А.С., Найденов А.В., Селиванов А.М.. Оценка области дроссельного регулирования в приводе с комбинированным регулированием скорости. / Известия ТулГУ. Технические науки. 2011. Вып. 5. Ч. 1. С. 299 – 303

Моделирование импеллерной группы для отработки алгоритмов управления распределенной силовой установкой

Широкий П.О., Гореликов К.А., Куковинец А.В.

ФАУ «ГосНИИАС», Москва

Для повышения эффективности ВС на этапах взлета и посадки, в частности — коэффициента подъемной силы, с целью сокращения пробега, предполагается применение распределенной силовой установки (PCY), которая требует отработки всех систем, согласно заявленным требованиям для перспективных ВС. Для обеспечения высоких скоростей крейсерского полета (500 – 600 км/ч) в качестве двигателя целесообразно использовать PCY с применением электроприводных импеллеров.

В данной работе рассмотрено моделирование импеллерной группы распределенной силовой установки для отработки алгоритмов энергетического управления отбегом крыла.

В качестве ВС выбран региональный самолет классической схемы — Як-40, на центральных закрылках которого расположена пара импеллерных групп по девять импеллеров каждая.

Структура алгоритма управления представляет собой замкнутую систему, задающее воздействие на которую определяется набором следующих переменных:

- Частоты вращения импеллеров;
- Принцип обработки отказов импеллеров [2].

Для реализации алгоритмов управления, разработана модель импеллера, способная отрабатывать требуемые алгоритмы функционирования, обеспечивающие демонстрацию работоспособности модели, а также корректность информационного взаимодействия [1].

В число алгоритмов функционирования входят:

- Алгоритм обработки отказов «Симметрия».
- Алгоритм обработки отказов «Компенсация».

В режиме «Симметрия» при отказе импеллера одного опытного закрылка, уставка для импеллера, расположенного симметрично отказавшему на другой плоскости крыла, принимается равной текущей частоте вращения винта отказавшего импеллера. При этом статус обоих импеллеров изменяется на «отключен».

В режиме «Компенсация» при возникновении отказа импеллера, уставка по частоте вращения для всех импеллеров пересчитываются таким образом, чтобы обеспечить компенсацию тяги отказавшего импеллера, оставшимися импеллерами этого ОЗК. То есть статус изменяется на «неисправен» только у одного импеллера.

Дальнейшая работа в данном направлении предполагает создание более подробной модели с точки зрения аэродинамики.

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р 57700.37-2021 Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения.
2. «Разработка элементов комплексного демонстратора технологий для перспективного летательного аппарата с распределенной двигательной установкой в части технологий предиктивной аналитики и обучения с подкреплением», научно-технический отчет, промежуточный, за период с 01 ноября 2022 г. по 31 марта 2023 г., Вишняков Б.В., Киановский С.В., Люханов Е.П., Скатов Е.А. и др., ФАУ «ГосНИИАС», рег. № 3100/о-1, Москва, 2023.

Аэродинамическая оптимизация крыла сверхзвукового пассажирского самолёта второго поколения на основе решения осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье – Стокса

Широков М.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Стрелец Д.Ю.

МАИ, Москва

С эпохи первых сверхзвуковых пассажирских самолетов прошло много лет. С тех пор были подытожены ошибки и сформированы новые требования к сверхзвуковой пассажирской авиации, созданы новые материалы, и оборудования, разработаны новые подходы и методы проектирования. На сегодняшний день во всем мире вновь ведутся попытки возрождения сверхзвуковых авиаперевозок. Сверхзвуковой пассажирский самолет второго поколения (СПС-2) — это преимущественно бизнес-джет вместимостью от 9 до 80 пассажиров со сверхзвуковой крейсерской скоростью от 1,2 до 2,2 Маха [1].

Увеличение вычислительной мощности компьютеров привели к новой парадигме проектирования «точное попадание» [2]. Общий смысл которой заключается в использовании высокоточного математического моделирования на ранних стадиях проектирования. Новая парадигма позволяет увеличить точность прогнозирования результатов на ранних стадиях проектирования, уменьшить количество ошибок и их влияние на конечный результат, и как следствие позволяет уменьшить время и стоимость проектирования.

На сегодняшний день, создание конкурентно способного летательного аппарата требует глубокой оптимизации всех его систем. Данная работа направлена на оптимизацию аэродинамической формы изолированного крыла СПС-2.

В исследовании приведен общий алгоритм оптимизации, основанный на градиентных методах, которые хорошо зарекомендовали себя при решении задачи с большим количеством проектных переменных и ограничений [3]. Важными особенностями алгоритма являются: возможность манипулировать большим количеством проектных переменных и ограничений, тем самым изменять не только форму крыла в плане, но и форму профилей в сечениях крыла; замена подхода генерации геометрии и объемной сетки крыла на подход деформации, что значительно позволяет экономить вычислительные ресурсы; высокая степень автоматизации процесса оптимизации.

Оптимизация производилась с использованием фреймворка на Python: MACH-Aero, позволяющая осуществлять параметризацию, деформацию геометрии, полуавтоматическую генерацию объемной гиперболической сетки, деформацию объемной сетки, решение осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса, а также оптимизацию с использованием алгоритма последовательного квадратичного программирования.

Для параметризации геометрии в работе используется подход FFD (Free-Form Deformation) [4]. Данный подход оперирует FFD-блочками (структурированные шестигранные объемы контрольных точек), которые окружают геометрию для манипуляции. Положение контрольных точек FFD-блока становятся основными переменными формы в задачах оптимизации. Также, подход позволяет одновременно манипулировать набором контрольных точек, таким образом, мы можем оптимизировать глобальные переменные размаха, угла стреловидности, хорды крыла и т.д.

В работе для численного моделирования течения используются осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса с моделью турбулентности Сапларта – Аллмареса. Для решений уравнений применяется алгоритм Ньютона-Крылова. В качестве оптимизатора используется SNOPT — разреженный нелинейный оптимизатор, который представляет собой оптимизатор на основе градиента, реализующий метод последовательного квадратичного программирования SQP.

Целевой функцией является максимизация аэродинамического качества K . В качестве проектных переменных были использованы локальные переменные — 240 контрольных точек FFD, а также глобальные переменные — угол стреловидности, размах концевой части крыла, и установочные углы профилей. В качестве ограничений были приняты толщины профилей и объем крыла СПС-2. Оптимизация проводилась при крейсерском режиме полета СПС-2: Число Маха 1.8, на высоте полета 15000 метра при фиксированном угле атаки 3 градуса.

В результате удалось увеличить значение аэродинамического качества на 7,41%. При этом значительно увеличился угол стреловидности и размах концевой части крыла, вследствие чего уменьшились волновое и индуктивное сопротивления.

Список используемых источников:

1. Перспективы снижения уровня звукового удара коммерческих сверхзвуковых самолетов нового поколения / В. И. Бирюк, М. Р. Ибрагимов, В. В. Коваленко [и др.] // Ученые записки ЦАГИ. 2010. Том XLI, №5 С. 13 – 18.
2. Комаров В. А. Точное проектирование // Онтология проектирования. 2012. № 3(5). С. 8 – 23.
3. Peter J.E.V., Dwight R.P. Numerical sensitivity analysis for aerodynamic optimization: A survey of approaches // Comput Fluids. 2010. Vol. 39, № 3. P. 373 – 391.
4. PyGeo: A geometry package for multidisciplinary design optimization / H. Hajdik, A. Yildirim, N. Wu [et al.] // Journal of Open Source Software. 2023. Vol. 8, № 87. P. 5319.

Секция №1.4 Беспилотные летательные аппараты

Внедрения БАС в труднодоступные места для оказания первой помощи в золотой час в Магаданской области

Ведяшкин В.С.

Научный руководитель — Фозилов Т.Т.

МАИ, Москва

Беспилотные Авиационные Системы помогут осуществлять разведку местности вблизи чрезвычайной ситуации, определить опасные локальные участки, благодаря чему будет израсходовано меньше столь драгоценного в таких ситуациях времени. С применением беспилотных воздушных судов работа служб спасения и медицинских работников постоянно совершенствуется, с их помощью удастся достигнуть наименьшего процента ущерба, который нанесен пострадавшим. При постоянном патрулировании места происшествия эксперты всегда получают информацию в режиме реального времени, которая влияет на принятие соответствующих решений.

Магаданская область — регион, покрытый большим количеством лесов. Около 97% территорий области — леса. Данная область — регион, где сохранилась многолетняя мерзлота, очень суровые зимы. Климат — суровый, резко континентальный. Скорость ветра может достигнуть 34 м/с, а температура колеблется от –34,6 до +27,8 градусов Цельсия.

Пока известен лишь один спутник, пролетавший над Магаданом и областью — «Ямал-201». Но его ресурс закончился и планировалось заменить новым спутником от Газпрома. Пока этого не произошло. Ямал-201 обладает мощной передающей аппаратурой и способен обеспечивать высокую пропускную способность в широком диапазоне частот (11,7 – 12,75 ГГц). Но из-за того, что его орбита составляет 90 градусов и пока летает на этой орбите он один, то этого не хватит для обеспечения сети беспилотников — т.к. им требуется непрерывный сигнал с мощностью не ниже чем 20 ГГц — Ка диапазон.

В связи с данной ситуацией возникает проблема — длительное ожидание пациентом оказания первой помощи и много шумов (шум в радиолокации — это случайный, как правило, нежелательный сигнал), не позволяющих обеспечить связь с беспилотниками, из-за чего значительно уменьшается радиус полета. С целью сокращения времени ожидания можно использовать Беспилотные Авиационные Системы в качестве доставщика аптечки первой помощи. БВС улучшают медицинское обслуживание, включая безопасную и быструю доставку медикаментов. Дроны могут повысить доступность и скорость доставки жизненно важных лекарств и вакцин.

Целью данного проекта будет являться сокращение времени при оказании первой медицинской помощи в труднодоступных местах. Ключевым показателем эффективности проекта будет являться оказание первой медицинской помощи в «Золотой час». Золотой час — термин, используемый в реаниматологии для определения промежутка времени (принимаемого близким по продолжительности к 1 часу) после получения травмы, который позволяет наиболее эффективно оказать первую помощь.

Решением определённых ранее проблем является внедрения БВС в медицинскую сферу — это быстро, дешево, эффективно и надежно. Дрон может осуществить разведку местности вблизи чрезвычайной ситуации, определить участок, пригодный для посадки ЛА МЧС, благодаря чему будет израсходовано меньше времени. Благодаря применению данной системы, которая включает в себя комплекс БАС и спутников на геостационарной орбите, работа служб спасения будет занимать меньше времени, а значит повысится эффективность медицинских служб.

Беспилотное судно сможет летать на большие расстояния, иметь при себе достаточно большую скорость полета. Дрон сумеет принимать на себя резкие климатические условия, что позволит эксплуатировать его по всей территории РФ. ПО для БВС будет написано на основе Ardupilot/PX 4 с серво-приводом Futaba и системы навигации Neo Geo 3 (GPS/Глонасс).

Суть проекта заключается в том, что у нас есть пострадавший, находящийся в лесу/заповеднике (труднодоступном месте). Он звонит в экстренную службу 112. Оператор экстренной службы отправляет команду оператору дрона. Тот, в свою очередь, запускает БВС. Беспилотное судно долетает до пострадавшего, и человек получает аптечку первой помощи гораздо быстрее, чем прилетит вертолёт или приедет санитарный транспорт.

Также не мало важно в Беспилотных Авиационных Системах для управления на дальние расстояния это автономность БВС с помощью спутников, т.к. устанавливать большую радиолокационную станцию (РЛС) будет дорого, долго и сложно. Навигационные спутники используются для предоставления точных навигационных данных, которые используются для управления полетом автономных дронов. Эти навигационные данные включают текущее местоположение воздушного судна, высоту, скорость и курс. Навигационные спутники используются для предоставления данных о местоположении дрона в режиме реального времени. Эти данные используются для обеспечения того, чтобы БВС летел в правильном направлении и не отклонялся от курса.

Ввиду вышеизложенного, благодаря Беспилотным Авиационным Системам можно будет сделать информативно важные снимки, которые помогут разобраться с ситуацией на месте, принять специалистам решение, которое максимально эффективно поспособствует определению дальнейших действий по спасению пострадавших.

Список используемых источников:

1. Жемчужников А.В., Харламов И.В., Долгов Д.В., Саратов С.В. Перспективы и развитие подразделений эксплуатации беспилотных авиационных систем в системе МЧС России. Аллея науки. 2022. Т. 1. № 9 (72). С. 125 – 128.

2. Шпеньков А.В., Баранько М.Е., Кручинина И.М. Использование Беспилотных Авиационных Систем в системе МЧС России (На Примере Красноярского Края). Шпеньков А.В., Баранько М.Е., Кручинина И.М. Вестник научных конференций. 2021. № 11-2 (75). С. 142 – 146.

3. Верб В.С., Васильев А.В., Меркулов В.И., Чернов В.С. Радиолокационные системы Беспилотных Авиационных Систем разведки, наблюдения и управления. Успехи современной радиоэлектроники. 2013. № 4. С. 02 – 033.

4. Хисамутдинов Р.М. Проблемы Настоящего И Перспективы Развития Эксплуатации Беспилотных Авиационных Систем в МЧС России. В сборнике: Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций. Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 718 – 726.

Комплекс лазерной зарядной станции — БПЛА «Канюк»

Ефимова А.А., Киселев Д.А.

Научный руководитель — Гусилетов А.А.

МАИ, Москва

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) — воздушное судно, которое выполняет полёт с целевой нагрузкой без пилота на борту. Может управляться дистанционно из определённого места с земли, с борта другого воздушного судна, из космоса или запрограммировано и полностью автономно.

В настоящее время беспилотные летательные аппараты заняли неотъемлемую часть нашей жизни. Они разрабатываются для выполнения различных задач. Например: в архитектуре и градостроительстве, в доставке, в городском хозяйстве, в картографии и кадастре, в фотоискусстве и кинематографе, в сельском хозяйстве и. Мы решили сделать акцент непосредственно на мониторинге местности.

Но практически все серийные БПЛА имеют один существенный недостаток — невозможность проводить непрерывный полет.

Наша разработка способна осуществлять автоматическую непрерывную аэрофотосъемку природных зон и заповедников через тепловизионную камеру, установленную на бортовой аналитический модуль. Непрерывность осуществляется благодаря станции лазерной зарядки с системой автоматического наведения и ведении цели на расстояние до полутора километров.

С помощью этого комплекса станет возможна автоматизация процесса контроля за безопасностью природных зон и заповедников.

По ходу создания проекта мы: разработали БПЛА, способный выполнять задачи без приземлений на дозарядку или смену аккумулятора; разработали лазерную зарядную станцию; спроектировали модель БПЛА и лазерной станции «Канюк».

Принцип действия: В ходе выполнения задач, БПЛА сканирует и анализирует местность с помощью установленного модуля. Этот процесс проходит до тех пор, пока уровень заряда БПЛА не опустится ниже 20%. Как только это произойдет, беспилотник меняет цель с “мониторинг” на “зарядка”. Как только он долетает до радиуса действия стационарной зарядки, выдвигается солнечная панель и БПЛА начинает кружить над установкой с радиусом до полутора километров, чем ближе он это будет делать, тем быстрее этот процесс будет проходить. Турель способна автоматически наводиться и вести цель. Когда уровень заряда доходит до необходимого, БПЛА снова меняет свою цель и продолжает вести мониторинг. Если беспилотник необходимо посадить, это возможно сделать благодаря сети. Запуск же будет осуществляется с помощью катапульти.

Список используемых источников:

1. С.Л. Кравец Беспилотный летательный аппарат / Большая российская академия / 2023 г.
2. Патент N US6955324B2 Заявл. 22.10.2003 : опубликовано 19.05.2005 / Минас Х. Таниелян.
3. Патент N US20060221328A1 Заявл. 24.05.2005 : опубликовано 05.10.2006 / Ови Рули.

Исследование влияния модульных несущих поверхностей на аэродинамические характеристики беспилотного летательного аппарата

Иванов И.А., Холондач П.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Морозов В.В.

ТулГУ, Тула

В настоящее время все большее внимание различных стран переключается с пилотируемых летательных аппаратов (ЛА) на беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Данные БПЛА широко применяют как в гражданских, так и военных областях для решения ряда задач: разведки, мониторинга состояния объектов, использования в промышленности, сельском хозяйстве, а также исследования труднодоступной местности. Модульность конструкции БПЛА становится более значимым фактором при его проектировании, позволяет расширить функциональные возможности ЛА путем комбинирования и настройки модулей для решения поставленной задачи. Это особенно важно и актуально в быстроменяющейся сфере БПЛА, где необходимо за непродолжительное время адаптироваться к новым условиям.

Основным требованием, определяющим эффективность БПЛА, является продолжительность полета. Улучшение аэродинамических характеристик возможно при изменении угла стреловидности крыла, его удлинения и благодаря установке законцовок (винглетов) на крыло. Крыло конечного размаха с пространственным характером обтекания создает дополнительное сопротивление, которое называется индуктивными [1]. Стоит отметить, что винглеты уменьшают интенсивность концевых вихрей. Законцовки позволяют увеличить удлинение крыла, не меняя при этом размах.

Профили крыла, обладая максимальным коэффициентом подъемной силы, должны иметь мягкий срыв, для того чтобы в условиях порыва ветра система управления успевала среагировать на развитие крена [2].

Целью данной работы является исследование влияния таких параметров, как удлинение крыла, его стреловидности, а также использования винглетов на аэродинамические характеристики БПЛА с помощью программного комплекса ANSYS Fluent.

В данной работе получены аэродинамическая сила лобового сопротивления, подъемная сила, а также аэродинамическое качество для БПЛА, способное уменьшить источник питания.

Таким образом, комбинация модульных аэродинамических поверхностей и их параметров позволяет повысить надежность БПЛА в процессе его эксплуатации, а также расширить

функциональные возможности и обеспечить быстроразъемность модулей. Модульная конструкция крыла позволяет реализовать перспективные решения для качественного улучшения характеристик ЛА под заданные требования к аэродинамике.

Список используемых источников:

1. Кокунина Л.Х. Основы аэродинамики [Текст]: учебник. — 2-е изд., перераб. и доп. / Л.Х. Кокунина. — М.: Транспорт, 1982. — 197 с.
2. Степанов К.А. Оптимизация формы крыльев беспилотных летательных аппаратов на основе решения уравнений Навье-Стокса: дис. ... канд. физ.-мат.наук. — Томск. 2018. — С. 18 – 19.

Комплекс наблюдений за пожарами лесных массивов Сибири

Иванова У.И., Ярославцева О.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Егоров И.А.

МАИ, Москва

Пожары в лесах — это серьезная проблема, которая может иметь различные причины и негативные последствия. В последнее время особенно много случаев зарегистрировано в Сибири, что может оказывать негативное влияние на окружающую среду, включая воздух, воду и экосистемы.

Актуальность работы: новый комплекс наблюдений «СОВА» представляет собой перспективное решение для обнаружения и предотвращения пожаров в лесных массивах Сибири. Он включает такие преимущества, как возможность автономной работы дрона с самостоятельным приземлением, контактную магнитную зарядку, минимальные затраты человеческих сил.

Постановка задачи: рассматривается проблема пожаров в России, способы их своевременного обнаружения при помощи новых технических устройств и систем.

Цель работы: разработать комплекс наблюдений за лесами Сибири, состоящий из дрона и башни, выполняющей роль вышки и зарядной станции; способный, в случае обнаружения возгорания, отправлять данные в МЧС; оценить эффективность применения такого комплекса.

Идея использовать беспилотники в целях обнаружения и предотвращения пожаров не нова. Однако заряд и время полета дронов ограничены. Чтобы более эффективно внедрять и применять новые технологии, создаваемый нами комплекс наблюдений за лесными массивами будет подразумевать применение станций с ветрогенератором, солнечными панелями, люком и подогревом, где беспилотник сможет зарядиться и отправить данные с видеокамеры человеку-технику, который будет наблюдать и отслеживать все дистанционно. Время полета дрона будет составлять примерно то время, затрачиваемое на путь от одной станции к другой. Ориентируясь на инфракрасные датчики, дрон-приемник точно садится на панель башни-передатчик — для подзарядки. При помощи стереокамер, и скоростных лидаров и GPS дрон будет составлять карту местности и сам выбирать себе маршрут, а при помощи тепловизоров — мониторить температуру.

Выводы: таким образом в ходе работы была рассмотрена проблема пожаров, становящиеся с каждым годом все опаснее и опаснее, изучены способы защиты леса, рассчитана на прочность станция, разработана система наблюдений и обнаружения возгораний. Новый комплекс включает в себя технологии, которые не использовались ранее, то есть можно сказать, что наша система является эффективной по сравнению с уже существующими.

Список используемых источников:

1. Барбасов В.К., Гречищев А.В. Мультироторные беспилотные летательные аппараты, представленные на российском рынке: обзор // Инженерные изыскания. 2014 № 8 С. 27 – 31;
2. Барбасов В.К., Гаврюшин Н.М., Дрыга Д.О., Ватаев М.С., Алтынов А.Е. Многороторные беспилотные летательные аппараты и возможности их использования для дистанционного зондирования земли // Инженерные изыскания. 2012 № 10 С. 38 – 42.

Подход к расчетной оценке показателей безотказности наземного комплекса управления роem беспилотных летательных аппаратов

Костюк А.А., Кучина А.П.

Научный руководитель — к.т.н. Королев П.С.

НИУ ВШЭ, Москва

Надёжность информационных (вычислительных) систем состоит из совокупности надёжности технического оборудования и программного обеспечения [1].

Основными техническими средствами (ТС) информационных систем НКУ являются [2]:

1. Управляющая ЭВМ (УЭВМ) (составные части: монитор, системный блок, мышь и клавиатура).
2. Портативная персональная ЭВМ (ППЭВМ) (составные части: монитор, системный блок и пульт ручного дистанционного управления).
3. Пульт индикации и выбора режимов (ПИВР).
4. Приёмо-передающая аппаратура командно-телеметрического канала (ППАКТК).
5. Сетевая инфраструктура (СИ) (составные части: модем, коммутаторы, маршрутизаторы и система кабелей).

Информационные системы являются программно-аппаратным комплексом и относятся к восстанавливаемым системам. Рассмотрим и проанализируем базовые методы оценки надёжности восстанавливаемых систем [3].

Одним из основных методов оценки показателей безотказности технических средств является усечённый нормальный закон надёжности, отражающий вероятность отказа ТС при длительном и постепенном изменении его характеристик, то есть при его старении и износе. Поскольку усечённый нормальный закон надёжности используется для указанного выше периода, а в данном тезисе рассматривается период нормальной работы ТС НКУ, который соответствует постоянной интенсивности отказов, усечённый нормальный закон использовать нецелесообразно.

Следующий проанализированный закон — закон распределения Релея так же применим в случаях отказов системы в результате её износа или старения, вследствие чего его дальнейшее использование в работе нецелесообразно.

Экспоненциальный закон надёжности применяется, когда отказы ТС случайны и независимы, что в большинстве случаев выражается в период нормальной работы аппаратуры. Для данного закона ВБР имеет зависимость только от величины исследуемого интервала Δt , а прошедшее время не учитывается. При данном законе интенсивность отказов является постоянной.

Проведённый анализ показал, что экспоненциальный закон надёжности является достаточно универсальным для периода нормальной работы технических средств информационной системы наземного комплекса управления роem дронов и часто используется для класса информационно-управляющих систем. Поэтому целесообразно при расчётах надёжности ИС НКУ использовать этот закон.

Проанализируем основные модели оценки надёжности программного обеспечения.

Рассмотрим модель Муса, где решение по оценке показателей безотказности базируется на времени работы кода до возникновения его очередного отказа. В данной модели лежит предположение о том, что существуют ошибки, которые не приводят к отказу всей системы в целом, таким образом, на интервале наблюдения может появляться несколько ошибок. Для оценки показателей безотказности по модели Муса требуется получить исходные данные с помощью иных моделей, что приводит к дополнительным временным затратам, поэтому её использование нецелесообразно.

Перейдём к модели Джелински-Моранды. В данной модели измеряются интервалы времени между возникновением двух ошибок в программе. Полученные значения имеют экспоненциальное распределение с интенсивностью отказов, которая пропорциональна количеству оставшихся (не выявленных) ошибок. Найденная ошибка исправляется, а число оставшихся, соответственно, уменьшается. Данная модель не учитывает, что при неправильном определении начального числа ошибок в программном коде интенсивность

отказов ПО может получиться отрицательной, что приведёт к бессмысленному результату. При этом данная модель отвечает нужным требованиям по поиску вероятности безотказной работы ПО НКУ в течение большого промежутка времени, то есть её использование в данной тематике целесообразно.

Модель Шика-Волвертона является модификацией модели Джелински-Моранды. По данной модели существует вероятность возникновения более одной ошибки на исследуемом интервале. Частота возникновения ошибок пропорциональна как количеству ошибок в коде, так и времени теста, таким образом, вероятность нахождения ошибки увеличивается с течением времени. Данная модель даёт наилучшие результаты при её использовании для крупномасштабных проектов. Однако по данной модели сложно оценить ВБР ПО на долгом промежутке времени, поскольку она отвечает на вопросы о вероятности возникновения каждой последующей ошибки.

Рассмотрим информационную структуру НКУ для оценки её надёжности.

Поскольку при отказе каждой из частей системы связь с роём БПЛА будет потеряна, что приведёт к невыполнению поставленной задачи, структурная схема надёжности имеет последовательное соединение частей ИС наземного комплекса управления, следовательно, единая математическая модель оценки надёжности ИС НКУ роём БПЛА получается путём перемножения формул подобранных моделей.

Список используемых источников:

1. Баранова, А.В., Ямпурин, Н.П., Методы оценки надёжности информационных систем. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-otsenki-nadezhnosti-informatsionnyh-sistem/viewer> (дата обращения 2023-23-11).

2. Макаров, И.В., Кокорин, В.И., Комплекс управления беспилотными летательными аппаратами для дистанционного зондирования земли. URL: <https://uav-siberia.com/news/kompleks-upravleniya-besplotnymi-letatelnyimi-apparatami-dlya-distantsionnogo-zondirovaniya-zemli/> (дата обращения 2023-20-12).

3. Чекал, Е.Г., Чичев, А.А., Надёжность информационных систем: учебное пособие. Ульяновск : УлГУ, 2012. 118 с.

Разработка стенда для обучения пилотированию, настройке и программированию БПЛА мультироторного и планерного типов в условиях приближённых к реальным

Кутилин Г.М.

Научный руководитель — Качалин А.М.

МАИ, Москва

Основной проблемой подготовки внешних пилотов для беспилотных летательных аппаратов мультироторного типа (далее БПЛА) является переход от симулятора к реальному БПЛА. Главную опасность представляет собой возможность неконтролируемого пилотом движения летательного аппарата или неготовность пилота к особенностям реального поведения летательного аппарата. По этой причине была выдвинута гипотеза о возможности создания стенда, позволяющего обезопасить и упростить управление БПЛА, а также дать дополнительную возможность для натурного представления зависимостей параметров системы настройки полетного контроллера.

В процессе поиска аналогов были найдены системы, основанные на реализации стенда в основе 3Д принтера с корректируемыми шаговыми двигателями, а также на основе 3-х степенного манипулятора, в конструкции которого расположены гидравлические цилиндры, обеспечивающие линейное перемещение БПЛА.

После рассмотрения существующих решений, были отмечены основные недостатки конструкций: большой вес из-за присутствия в системе гидравлических цилиндров, высокая стоимость — из-за наличия в системе шаговых двигателей и платы контроллера.

На основе аналогичных моделей были выдвинуты две принципиальные, различные схемы подхода: первая — реализация стенда путем переработки конструкции принтера из

конструкционного профиля и печатных кареток без шаговых двигателей, но с противовесами по осям для компенсации веса компонентов стенда и упрощения движения БПЛА. Вторым подходом было создание конструкции из уголковых держателей и конструкционного профиля в виде куба, в котором взвешен БПЛА на группе противовесов.

Оба принципа были реализованы, однако система с каретками показала свою непригодность по причине высокого трения между поверхностью колес и профилем, а также склонность к образованию клина при резком перемещении БПЛА. Стенд со взвешенным БПЛА также имел проблему с трением, которую удалось решить с добавлением в противовесы фторопластовых пластин для лучшего скольжения.

Описанные выше решения давали только возможность линейного перемещения БПЛА в пространстве. Обычно для создания вращения в подобных стендах используется карданный подвес, но он не позволяет использовать все многообразие размеров рам БПЛА без изменения конструкции подвеса. Поэтому, для получения управления по 3-м осям вращения, была применена шаровая опора, один конец которой закреплялся на дроне, второй — на подвижной части стенда. Таким образом была получена область вращения БПЛА на 360 градусов по оси рысканья и по 35 градусов по осям тангажа и крена, что является достаточным для основных типов тренировочных полетов БПЛА.

В дальнейшем будет создан второй стенд для возможности использования не только мультироторов, но и планеров. Для этого в его конструкцию будут добавлены вентиляторы, позволяющие создать достаточный набегающий поток для удержания и управления планером в пространстве.

Список используемых источников:

1. Настольный стенд для настройки квадрокоптера. — [Электронный ресурс]. URL: <https://trenicor.ru> (дата обращения: 20.02.2024).

2. Учебный стенд для отработки навыков управления квадрокоптером. — [Электронный ресурс]. URL: <https://robotgeeks.ru/collection/uchebnoe-oborudovanie/product/uchebnyy-stend-dlya-otrabotki-navykov-upravleniya-kvadrokopterom> (дата обращения: 20.02.2024).

Разработка быстроперестраиваемой корпусной системы для наземных и лётных испытаний малогабаритных датчиков и их блоков

Лисицин А.А., Лукьянчиков И.Н.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Акилин В.И.

МАИ, Москва

Для малых БПЛА в качестве инерциальных датчиков чаще всего используют МЭМС с тремя датчиками угловых скоростей и тремя акселерометрами, чувствительные оси которых расположены ортогонально. Для проверки работоспособности, надежности и точности МЭМС блоков и датчиков проводят наземные и летные испытания.

На отечественных предприятиях для проведения испытаний МЭМС блоков и датчиков разрабатывают и изготавливают специальные платформы, кронштейны и корпуса, что является долгим процессом, а также их возможно использовать только для одной определенной модели блока или датчика. Ввиду чего полный процесс разработки и изготовления удерживающих устройств сокращается, либо вовсе опускается.

Нами была разработана универсальная система для сбора данных с МЭМС блоков и датчиков, состоящая из корпусной системы, позволяющей быстро сменить печатную плату, собирающую данные, и кронштейна для крепления аккумулятора. Данная система является универсальной, так как в нее возможно установить любой современный МЭМС блок или датчик, имеющий интерфейс обмена SPI, RS232, RS485 и I2C. Разработанная система имеет малые размеры, что позволяет проводить как наземные, так и летные испытания, обеспечивая возможность удаленного мониторинга. Помимо этого в системе есть специальный кронштейн для крепления аккумулятора, что позволяет запитать систему без использования внешнего блока питания и дополнительного жгута.

Целью данной работы является разработка универсального удерживающего устройства для проведения испытаний МЭМС датчиков и блоков. В докладе рассматриваются: технические условия для объектов подобного класса, программы испытаний, а также приводится описание разработанной корпусной системы и печатной платы.

В результате проведенной работы нами была изготовлена корпусная система и кронштейн путем 3D-печати. Разработанная система была собрана и испытана. В качестве образцового блока датчиков использовался ADIS 16488, который был установлен в систему при испытаниях. Разработанная система выдержала испытания, никаких дефектов и повреждений обнаружено не было, данные были собраны и проанализированы.

В докладе рассматривается, также, возможный способ по герметизации разработанной системы, способ питания системы напрямую от БПЛА при проведении летных испытаний, даны общие рекомендации.

Список используемых источников:

1. Малогабаритный инерциальный навигационный модуль : Техническое описание. Версия 0.7 : офиц. сайт. URL : [https://device.milandr.ru/upload/iblock/62c/1uарmх4gpy3agildlrpieekworilmui/МИНМ_Техописание_версия_0.7_\(версия_прошивки_182\).pdf](https://device.milandr.ru/upload/iblock/62c/1uарmх4gpy3agildlrpieekworilmui/МИНМ_Техописание_версия_0.7_(версия_прошивки_182).pdf) (дата обращения : 08.11.2023);

2. Челпанов И.Б. Роторное стендовое оборудование для испытаний микромеханических приборов / И.Б. Челпанов, М.И. Евстифеев, А.В. Кочетков «Науковедение». — 2013. — №5. — С. 1 – 11.

Перспективы развития конвертопланов в сфере беспилотных летательных аппаратов

Макаров К.А.

Научный руководитель — Ульянова Н.В.

КНИТУ-КАИ, Казань

В настоящем времени большое применение нашли беспилотные летательные аппараты (БПЛА), их использование способнократно сократить расходы, в сравнении с обычными летательными аппаратами, пилотируемыми людьми на борту, а также увеличить безопасность полетов за счёт снижения человеческого фактора.

Однако использование большей части БПЛА самолётного типа в некоторых сферах жизнедеятельности затруднительна в силу того, что для их эксплуатации необходимо специальное пусковое устройство или заранее подготовленная взлётно-посадочная полоса (ВПП). Альтернативой применения БПЛА самолётного типа в данных ситуациях могут послужить БПЛА вертолётного типа, которые способны подняться в воздух с помощью вертикального взлёта без специально подготовленного места старта или устройства для пуска БПЛА, но они имеют меньшую скорость горизонтального полёта вдоль заданной территории.

По-прежнему наименее изученным и малоиспользуемым является тип ЛА — конвертопланы. Эти ЛА способны совершать вертикальный взлёт, а после переходить в горизонтальный режим полёта. Эта ключевая особенность помогает избавиться от главных минусов ранее описанных типов БПЛА. Вертикальный взлёт лишает конвертоплан необходимости старта с ВПП или наличия пускового устройства, а последующая возможность перейти в горизонтальный полёт обеспечивает более высокую скорость полёта в горизонтальной плоскости в сравнении с вертолётным типом БПЛА.

Дальнейшее развитие и создание новых моделей конвертопланов поспособствует большему распространению БПЛА в различные сферы деятельности человека, а также в случае если конвертопланы станут более экономичными и будут лучше удовлетворять поставленным требованиям, чем классические типы БПЛА, тогда не исключается возможность полного замещения БПЛА самолётного и вертолётного типа на конвертопланы в некоторых сферах деятельности.

Список используемых источников:

1. Ружицкий Е. И. Американские самолеты вертикального взлета. М.: АСТ: Астрель, 2000. — 30 с.
2. Ликсо В. В. Современная беспилотная техника. М.: АСТ: 2023. — С. 3 – 78
3. Вертолеты и беспилотные летательные аппараты России М.: Издательство «Студия Этника» (ИП Трошков А. В.), 2020. — С. 373 – 484

Модель распространения сверхширокополосного импульса в слоисто-неоднородных слабопоглощающих средах

Марченко В.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Черепанов Д.А.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Современные локальные конфликты предъявляют новые требования к ведению боевых действий, большое развитие получили современные высокотехнологические модели БПЛА, которые постоянно совершенствуются. Аппараты активно применяют в качестве разведчиков, системы ударной авиации, координаторов наземных действий.

Одной из задач, которые способны решать БПЛА является гуманитарное разминирование взрывных устройств. БПЛА могут применяться для разведки минных полей с воздуха с помощью подповерхностного радиолокатора. Путём анализа отраженного сигнала можно восстановить радиолокационный профиль скрытых под поверхностью объектов вплоть до десятков метров. Это позволяет без потерь и достаточно быстро обнаруживать скрытые минные поля, для дальнейшего их разминирования. Данный способ является менее затратным по сравнению с другими, что даёт возможность применять его в бедных странах.

Задача получения отклика и последующая обработка сигнала с получением радиолокационных профилей скрытых под поверхностью объектов является крайне сложной задачей ввиду высокого уровня помех, неоднородности почвы, необходимости применения наносекундных импульсов. В данном виде радиолокации применяют СШП сигналы, которые позволяют получить требуемый уровень разрешения по глубине и по горизонтали.

В ходе работы была разработана численная модель распространения сверхширокополосного импульса в слоисто-неоднородных слабопоглощающих средах и производилось ее исследование. Модель распространения импульса исследовалась в пакете прикладных программ для решения задач технического вычисления MATLAB.

Задав в программе параметры грунта, которые состоят из слоя мерзлых пород толщиной 1 м, лежащего на грунте из песка при различно выраженной границе перехода. Также зададим частоту опорного сигнала $F=100$ МГц. Для этой частоты диэлектрическая проницаемость мерзлой породы $\epsilon_1 \approx 4$, тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg} \alpha_1 \approx 0,1$, для влажного песчаного грунта — $\epsilon_2 \approx 9$, $\text{tg} \alpha_2 \approx 0,025$. Резко выраженную границу раздела сред будем задавать кусочно-постоянной функцией $\epsilon_1(z)$, сглаженную границу — слоем Эпштейна. В результате моделирования получаем, графики по которым можно сделать вывод о том, что чем резче выражена граница перехода, тем точнее можно восстановить параметры исследуемого грунта. Именно благодаря применению численных методов удастся сформулировать представление об области, существенной при отражении радиосигналов неоднородной среды, т.е. локализовать в асимптотическом приближении область отражения.

Данная модель и, предложенный метод расчета сигнала, отраженного от неоднородной среды удобен для предварительного анализа возможных натурных результатов, так как позволяет смоделировать отражение любого начального импульса от среды с любым распределением диэлектрических параметров по глубине.

Оптимальное покрытие территорий с помощью роя дронов

Мелконян В.Г., Туманян О.А., Саакян В.Р.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Асатрян Д.Г.

Российско-Армянский университет, Ереван, Армения

Этот тезис рассматривает проблему эффективного покрытия заданной области с использованием роя беспилотных летательных аппаратов. Область, которую необходимо покрыть, представляется в виде простого многоугольника, который потенциально может содержать препятствия, а точки отправления (и одновременно посадки) расположены как внутри, так и на краях области. Учитывая NP-сложность задачи, данное исследование сосредотачивается на исследовании приближенных методов решения. В рамках исследования используется двухэтапный подход, включающий деление и покрытие. В первую очередь, каждому дрону назначается область для покрытия, а затем работает алгоритм покрытия. Рассматриваются три метода деления:

Алгоритм равномерного выпуклого разбиения [1]: Этот метод, в отличие от двух других, специально рассчитан для выпуклых многоугольников без препятствий. Он включает в себя итеративное применение разрезов теоремы о бутерброде (ham sandwich cuts) к данному выпуклому региону, обеспечивая при этом выпуклость частей и наличие в каждой части только одного дрона.

DARP (Divide Areas based on Robots' Initial Positions) [2]: DARP нацелен на деление областей на основе начальных позиций роботов. Он предоставляет систематический подход к разделению произвольных областей, обеспечивая наличие только одного дрона в каждой разделенной части, стремясь к равномерным и связанным подмногоугольникам.

Декомпозиция многоугольника, предложенная Хертом и Лумельским [3]: Этот метод начинается с деления области на маленькие выпуклые подмногоугольники с использованием триангуляции Делоне. Затем из этого деления создается граф ребро-вершина, и треугольники соединяются с использованием методов теории графов для обеспечения покрытия.

После получения подмногоугольников они покрываются с использованием трех методов:

Проблема коммивояжера (TSP): Этот метод рассматривает проблему покрытия в каждом подмногоугольнике как TSP и решает ее с использованием алгоритма Кристофидеса.

Покрытие остовным деревом (STC): STC разделяет рабочую область на отдельные ячейки. Затем он следует остовному дереву графа, образованного этими ячейками, гарантируя покрытие каждой точки ровно один раз.

Ансамбль методов на основе шаблона back and forth [4]: Этот подход использует комбинацию стратегий в зависимости от характеристик разделенной территории. В случае, когда территория выпуклая, используется back and forth шаблон при определении оптимального направления сканирования. Невыпуклые территории делятся на выпуклые подобласти, проходят их, используя тот же шаблон, а затем соединяют их оптимальным образом, используя алгоритмы из теории графов.

Наконец, для сравнения алгоритмов определен метрический показатель, основанный на длине пути и количестве поворотов, выполненных беспилотниками, и произведена оценка на сгенерированном наборе данных, чтобы понять преимущества и недостатки обсуждаемых решений.

Список используемых источников:

1. Carlsson J. G., Armbruster B., Ye Y. Finding Equitable Convex Partitions of Points in a Polygon Efficiently // ACM Transactions on Algorithms (TALG). August 2010. T. 6. № 4. Pages 1 – 19.

2. Kapoutsis A. Ch., Chatzichristofis S. A., Kosmatopoulos E. B. DARP: Divide Areas Algorithm for Optimal Multi-Robot Coverage Path Planning // Journal of Intelligent & Robotic Systems. January 2017. Volume 86. Pages 663 – 680.

3. Skorobogatov G., Barrado C., Salami E., Pastor E. Flight planning in multi-unmanned aerial vehicle systems: Nonconvex polygon area decomposition and trajectory assignment // International Journal of Advanced Robotic Systems. February 25, 2021.

4. Vasquez-Gomez J. I., Marciano-Melchor M., Valentin L., Herrera-Lozada J. C. Coverage Path Planning for 2D Convex Regions // Journal of Intelligent & Robotic Systems. May 2019. Pages 81 – 94.

Компоновочное решение «винт в кольце» применительно к беспилотным летательным аппаратам

Моисеева С.М.

Научный руководитель — к.т.н. Батраков А.С.

КНИТ-КАИ, Казань

Дрон или беспилотный летательный аппарат (БПЛА) — это летательный аппарат, на котором нет экипажа. Управление такими летательными аппаратами может осуществляться дистанционно или автоматически. В настоящее время существует большое разнообразие БПЛА, различающихся по конструкции, назначению и снаряжению. По взлетной массе существуют как мини-БПЛА ближнего действия (до 5 кг), так и тяжелые БПЛА большой продолжительности полета (до 1500 кг). По конструкции летательные аппараты можно разделить на 4 основные аэродинамические схемы: однороторные и мультироторные, с неподвижным крылом и схемы с гибридной компоновкой.

Разнообразие существующих схем БПЛА обусловлено широким диапазоном решаемых задач с их применением. Различают БПЛА военного назначения, которые способны решать задачи разведки, наблюдения, патрулирования и ведения боя. В гражданской авиации БПЛА успешно применяются для мониторинга и обследования различных объектов (нефтегазовые трубопроводы, линии электропередач и др.), в поисково-спасательных операциях, сельском хозяйстве и других сферах. В настоящее время наблюдается тенденция в увеличении востребованности беспилотных летательных аппаратов, что приводит к существенному росту рынка БПЛА. Таким образом, разработка и совершенствование БПЛА является крайне актуальной темой.

Одной из популярных категорий БПЛА являются летательные аппараты вертикального взлета и посадки. Для обеспечения вертикального взлета и посадки в качестве несущей системы используются воздушные винты. Потенциальными преимуществами обладает аэродинамическая компоновка винтокольцевого движителя (ВКД). ВКД представляет собой воздушный винт, помещенный в кольцевой обтекатель [1]. За счет профилировки кольцевого обтекателя и малого зазора между лопастями винта и стенкой обтекателя ВКД обладает более высокой тягой по сравнению с изолированным винтом [2]. Для обеспечения максимального преимущества данной аэродинамической схемы проводятся исследования на базе численного моделирования и физического эксперимента.

Существует теория и статистические экспериментальные данные, на базе которых можно провести анализ эффективности применения кольцевого обтекателя винта для улучшения аэродинамических характеристик летательного аппарата [3].

В работе проведен проекторочный расчет для несущей системы квадрокоптера в вариантах стандартного воздушного винта и винтокольцевой конфигурации. Результаты расчета показали, что добавление колец увеличивает массу, но повышает тягу, которая открывает возможность установки дополнительной батареи для увеличения времени полета. Решение о выборе оптимальной конфигурации будет зависеть от конкретных целей и требований к БПЛА.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-79-01110, <https://rscf.ru/project/23-79-01110/>

Список используемых источников:

1. Гришанов В. В., Малинин А. В., Тарасенко М. М. Исследование аэродинамических характеристик винтокольцевых (вентиляторных) БПЛА ВВП с использованием численного моделирования в программном комплексе FlowVision / В. В. Гришанов, А. В. Малинин, М. М. Тарасенко [Текст] // Конференция пользователей FlowVision. — Москва.
2. Остроухов С. П. Аэродинамика воздушных винтов и винтокольцевых движителей. — М.: Физматлит. 2014. — 328 с.
3. Булат П. В., Дудников С. Ю., Кузнецов П. Н., Курнухин А. А. Проектирование винтокольцевого движителя беспилотного воздушного судна. Часть I: Учебное пособие [Текст] / П. В. Булат, С. Ю. Дудников, П. Н. Кузнецов, А. А. Курнухин // Москва: Министерство науки и высшего образования Российской Федерации ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет». — 2022.

Нерешённые проблемы общественного беспилотного транспорта на основе мультикоптеров

Назин В.Д., Бермагамбетов А.Б., Серова К.А.
Научный руководитель — к.т.н. Горожеев М.Ю.
МАИ, Москва

В наши дни для решения различных задач всё чаще применяются различные вариации мультикоптеров. Их широко используют для фото и видеосъёмки, доставки различных грузов, они находят применение в работе спасателей и военных. И уже долгое время ведутся разговоры о беспилотном общественном транспорте на базе мультикоптеров. Преимущества подобного транспорта очевидны: небольшие габариты, хорошая управляемость и стабилизация, общая простота и ремонтпригодность конструкции, возможность взаимной координации всех аэротакси из командного центра. Но, несмотря на множество разработанных проектов и несколько реализованных прототипов, мультикоптерное беспилотное аэротакси пока что так и не появилось.

В данной работе рассмотрены различные проблемы, которые предстоит решить создателям общественного беспилотного транспорта на основе мультикоптеров. Изучен ряд вопросов касающихся работы батарей использовавшихся в прототипах, в том числе рассмотрена проблема их деградации. Так же проанализированы сложности, возникающие в сфере безопасности, в том числе: пожаробезопасность батарей использовавшихся в прототипах, отказобезопасность системы связи и последствия её поломки, аварии из-за повышения плотности воздушного трафика. Затронута правовая проблематика, связанная с отсутствием ответственных лиц и законами о использовании воздушного пространства. Рассмотрены проблемы с шумовым воздействием беспилотного транспорта на основе мультикоптеров и затруднения, которые вызовет увеличение воздушного трафика.

На основании проведённых исследований в докладе формулируются основные технологические и социальные проблемы, требующие решения перед внедрением общественного беспилотного транспорта на основе мультикоптеров в повседневную жизнь.

Применение технологий машинного обучения и распознавания голоса при управлении беспилотными летательными аппаратами

Фадеев Н.Д., Фадеева Е.А.
Научный руководитель — Елизаров А.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Беспилотное мобильное средство — это искусственный мобильный объект многоразового или условно-многоразового использования, не имеющий на борту экипажа (человека-пилота) и способный самостоятельно целенаправленно перемещаться в пространстве для выполнения различных функций в автономном режиме (с помощью собственной управляющей программы) или посредством дистанционного управления (осуществляемого человеком-оператором или диспетчерским центром). Именно термин беспилотное мобильное средство представляется наиболее точным русскоязычным эквивалентом термина «unmanned vehicle» (UV). Беспилотное мобильное средство функционирует не абсолютно самостоятельно, а в составе комплекса, куда могут входить еще другие беспилотные мобильные средства, центр управления, диспетчерские пункты, ретрансляционные узлы, станции подзарядки, средства транспортирования, запуска, посадки и т.д. Все вместе это принято называть UVS — Unmanned Vehicle System — беспилотная мобильная система. Беспилотные мобильные средства могут быть дистанционно управляемыми или автономными.

Назначение малых тактических БПЛА следует из его названия — работа в интересах нижнего тактического звена подразделений (батальон, рота, взвод), что определяется небольшим радиусом действия подобных аппаратов. В любом случае даже микро-БПЛА будет оружием коллективным, требующим специально подготовленных операторов и грамотного технического обслуживания персонала. По кругу решаемых задач на микро (мини)-БПЛА могут быть возложены не только задачи разведки и корректирования огня, как наиболее

очевидные. Подобные летательные аппараты могут уже на данном техническом уровне развития использоваться в качестве летающих ретрансляторов, что особенно важно для применения на пересеченной местности, где даже спутниковая связь имеет «теневые зоны». Тем более это важно для маломощных индивидуальных передатчиков, используемых в звене, рота-взвод.

Актуальность данной проблемы определяется тем, что известные отечественные и зарубежные работы в области создания и применения авиационных средств искусственного интеллекта в основном ориентированы на автоматизацию функций экипажа ЛА в условиях сложной психофизиологической обстановки и дефицита времени на принятие соответствующих решений. В известных работах рассматриваются вопросы построения таких средств для микро-БЛА нетрадиционной схемы.

Перспективные задачи применения БЛА предполагают синтез цели их функционирования в полете, принятие оптимальных оперативных решений с учетом разнообразных факторов, отражающих состояние БЛА и внешней среды, исполнение этих решений с высокой точностью. Эти функции перспективных БЛА могут быть реализованы с помощью нового класса интеллектуальных систем управления.

Под интеллектуальной системой понимается объединенная информационным процессом совокупность технических средств и программного обеспечения, работающая во взаимосвязи с человеком (коллективом людей) или автономно, способная на основе использования сведений и знаний при наличии мотивации синтезировать цель, вырабатывать решение о действии и находить рациональные способы её достижения.

Таким образом, существенное расширение тактико-технических и эксплуатационных характеристик перспективных БЛА предполагает необходимость разработки бортовых систем управления нового поколения, построенных на основе комплексного использования современных интеллектуальных технологий и обеспечивающих возможность их функционирования в условиях неопределенности.

Общая отличительная особенность задач управления БЛА вне зависимости от их типа и назначения заключается в необходимости учета различных проявлений неопределенности, основными источниками которой являются следующие факторы:

- нечеткость целей функционирования и задач управления;
- нестационарность параметров БЛА и его системы управления;
- априорная неопределенность обстановки и условий выполнения полетного задания;
- наличие случайных воздействий внешней среды;
- искажения поступающей входной информации в каналах дистанционной передачи данных.

Следует отметить, что системы управления подавляющего большинства беспилотных и дистанционно-управляемых летательных аппаратов первых поколений, построенные на основе классических подходов, обладают ограниченными функциональными возможностями, ориентированными на автоматические или полуавтоматические режимы работы в детерминированных условиях.

Список используемых источников:

1. Василин, Н. Я. Беспилотные летательные аппараты / Н.Я. Василин. — М.: Попурри, 2003. — 272 с.
2. Jesse, Russell Беспилотный летательный аппарат / Jesse Russell. — М.: VSD, 2012. — 769 с.
3. Макаров, Ю. В. Летательные аппараты МАИ / Ю.В. Макаров. — М.: МАИ, 1994. — 256 с.
4. Сильвестров, М.М. Автоматизация управления летательными аппаратами с учетом человеческого фактора / М.М. Сильвестров, Л.М. Козиоров, В.А. Пономаренко. — М.: Машиностроение, 1986. — 184 с.

Определение геометрических размеров и профилей крыла БПЛА для обеспечения наибольшего значения подъемной силы

Холондач П.О., Иванов И.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Морозов В.В.

ТулГУ, Тула

Крыло — основная часть самолета или планера, которая предназначена для создания аэродинамической подъемной силы. Летные характеристики самолета зависят от его размеров и формы в плане, а также от выбора профиля крыла. На протяжении долгого времени проводились исследования влияния данных параметров на аэродинамические характеристики летательного аппарата (ЛА).

Задачи улучшения тактико-технических характеристик беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) актуальны в настоящее время. К основным элементам, определяющим размеры крыла в плане, относятся размах крыла, площадь крыла, центральная и боковые хорды. А форма крыла в плане характеризуется углом стреловидности, удлинением и сужением [1].

Данная работа посвящена вопросу рационального выбора геометрических параметров крыла БПЛА для выполнения поставленных задач. На начальных этапах проектирования необходимо пересчитать характеристики профилей на предполагаемые условия использования. Расчеты в данной работе проводились с использованием программного комплекса ANSYS Fluent.

Расчеты крыла проводились при разных углах атаки. В результате были определены значения распределения температуры и давления за счет аэродинамического нагрева. Форма крыла в плане также влияет на аэродинамическое качество крыла, определяемое как отношение коэффициента подъемной силы к коэффициенту лобового сопротивления. Это соотношение определяет эффективность аэродинамического профиля. Этот коэффициент характеризует способность самолета летать на максимальную дальность. Например, именно изменение удлинения крыла оказывает существенное влияние на аэродинамическое качество. Однако увеличение удлинения крыла отрицательно влияет на взлетную массу крыла при сохранении остальных параметров постоянными, а значит, оптимальным удлинением считается такое, при котором общая масса крыла, требуемый запас топлива, а также силовая установка минимальна. С другой стороны, по мере увеличения удлинения крыла индуктивное сопротивление уменьшается. Это приводит к снижению расхода топлива.

Таким образом, на основе полученных данных, представленных в виде графиков и таблиц, выбраны оптимальные геометрические параметры крыла БПЛА с учетом выбранного аэродинамического профиля крыла, угла стреловидности и аэродинамических нагрузок.

Список используемых источников:

1. Кокунина Л.Х. Основы аэродинамики [Текст]: учебник. — 2-е изд., перераб. и доп. / Л.Х. Кокунина. — М.: Транспорт, 1982. — 197 с.

Исследование необходимой массы целевой нагрузки и лётно-технических характеристик при заданной максимальной взлётной массе для перспективного БПЛА самолётного типа

Широков А.И., Хохлова А.Ю.

Научный руководитель — Шавелкин Д.С.

МАИ, Москва

Объем грузоперевозок в Российской Федерации постоянно растет. Также растет и география авиационных маршрутов. Связано это с появлением новых городов, сел, поселков и т.п. Также, стремительно развивается и сама авиационная отрасль. В индустрии появляется все больше беспилотных технологий. Но, в отличии от развития географии полетов и развития беспилотных технологий, парк транспортной авиации РФ не меняется уже долгие годы.

Основной костяк транспортного авиапарка РФ представлен устаревшими Ан-24, Ан-26, Л-410, Ан-2 и т.п. Данные ЛА, помимо высокого расхода топлива и ГСМ, нуждаются в экипаже из нескольких человек. Также, если Ан 24/26 оборудованы мощными ТВД, что обеспечивает им относительно высокие скорости полета и дальность, то Ан-2 и Л-410

оснащены менее мощными силовыми установками. Так, крейсерская скорость Ан-2 — 180 км/ч, L-410 — 380 км/ч. Все это крайне сильно влияет на эффективность самолета, стоимость летного часа и его рентабельность.

Актуальность данного исследования обеспечивается следующим: в 2023 году Росавиацией был выпущен документ НЛГ «БАС-СТ», регламентирующий требования к беспилотным машинам самолетного типа с взлетной массой до 5400 кг. Соответственно, встает вопрос о возможности существования, создания и прибыльной эксплуатации. Важно отметить, что эффективность подобного ЛА и его рентабельность необходимо сравнивать с машинами той же весовой категории.

Цель данного исследования представляется в попытке анализа имеющихся самолетов — аналогов с подобной максимальной взлетной массой, маршрутными сетями доставки грузов, а также расчета необходимой массы целевой нагрузки для обеспечения рентабельности БПЛА самолетного типа.

Список используемых источников:

1. Егер С.М., Мишин В.Ф., Лисейцев Н.К. «Проектирование самолётов для вузов». 2005 г.
2. О. А. Немчинов, О. М. Жуков, «Авиатранспортный маркетинг: экономическая эффективность эксплуатационной деятельности авиакомпаний». 2018 г.

Направление №2 Авиационные, ракетные двигатели и энергетические установки

Секция №2.1 Теория и расчёт ДЛА

Обеспечение безопасности проведения работ по утилизации заряда ракетного двигателя на твёрдом топливе при резке аммиаком

Александрова В.И., Сантова Л.И., Краснобаева Д.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Лушпа Е.Ю.

МАИ, Москва

Заключительным этапом жизненного цикла любого изделия, если оно не использовано по прямому назначению, выработало гарантийные ресурсы и сроки или морально устарело, является его утилизация.

Рассмотрено важное значение обеспечения безопасности при утилизации ракетного двигателя на твёрдом топливе (далее — РДТТ) с использованием аммиака, а также представлены основные методы и требования безопасности, необходимые для успешной и безопасной утилизации.

Проведение утилизации с использованием аммиака является одним из методов, позволяющих достаточно безопасно и эффективно избавиться от этого опасного материала. Аммиак является эффективным химическим веществом, способным обеспечить эффективное разложение и нейтрализацию твердого топлива из состава РДТТ. Утилизация с использованием аммиака обладает несколькими преимуществами. Во-первых, аммиак является относительно доступным химическим веществом с низкой стоимостью. Во-вторых, аммиак является более экологически безопасным веществом по сравнению с некоторыми другими химическими веществами, используемыми для разложения топлива.

Рассмотрено важное значение обеспечения безопасности при утилизации РДТТ с использованием аммиака, а также представлены основные методы и меры безопасности, необходимые для успешной и безопасной утилизации.

В связи с постоянным развитием технологий и увеличением объемов производства военной и космической техники, вопросы безопасной утилизации опасных материалов, таких как РДТТ, становятся все более актуальными и требуют постоянного внимания со стороны специалистов. РДТТ содержит опасные химические компоненты, которые могут представлять угрозу для здоровья людей, окружающей среды и общества в целом.

Список используемых источников:

1. Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 № 123-ФЗ.

2. Краснобаев, Ю. Л. Предложения по выбору наилучшей доступной технологий утилизации энергонасыщенных материалов / Ю. Л. Краснобаев, В. Ю. Мелешко // Фундаментальные основы баллистического проектирования : Сборник трудов VII Всероссийской научно-технической конференции, Санкт-Петербург, 29 июня — 03 2021 года / Под редакцией Б.Э. Кэрта. — Санкт-Петербург: Балтийский государственный технический университет "Военмех", 2022. — С. 345-349. — EDN HPWRR1.

3. Лушпа, Е. Ю. Анализ проблем применения композиционных материалов для ракетных двигателей на твердых топливах / Е. Ю. Лушпа,

В. А. Костенко, В. В. Кабаков // Конструкции из композиционных материалов. — 2023. — № 2(170). — С. 21-23. — DOI 10.52190/2073-2562_2023_2_21. — EDN AKTFLN.

Численное исследование влияния турбулентного числа Прандтля на результаты моделирования теплообмена в камере сгорания ЖРД малой тяги

Биндиман А.П.

Научный руководитель — Мигдалова С.Д.
МАИ, Москва

В процессе проектирования ЖРД малой тяги ключевым является анализ теплообмена в камере сгорания. Основные параметры ракетного двигателя — удельный импульс и тяга — определяются полнотой сгорания в КС и тепловым состоянием стенок конструкции. Актуальность исследования теплообмена обусловлена проблемой повышения эффективности рабочего процесса в камере и увеличения удельного импульса.

Численное моделирование процессов, происходящих в камере сгорания, требует совместного решения уравнений, описывающих различные физические процессы с разным временным масштабом: движение газа, турбулентное горение и смещение компонентов топлива, теплообмен конвекцией и теплопроводностью, лучистый теплообмен, который может составить значительную часть от общего теплообмена в ЖРД малой тяги из-за высоких значений температуры внутри КС.

В математических моделях, которые используются для расчета турбулентных течений, присутствуют эмпирические коэффициенты, оказывающие влияние на результат моделирования. Модель турбулентности определяет процесс смешения горючего и окислителя, продукты сгорания и их взаимодействие со стенкой КС. Коэффициенты модели турбулентности и турбулентное число Прандтля влияют на процессы турбулентного переноса энергии, импульса и массовой доли. Также влияние оказывает взаимодействие турбулентности и теплового излучения в реагирующем потоке, так как флуктуации температуры, концентрации и интенсивности излучения имеют нелинейную связь.

В данной работе проводилось моделирование внутрикамерных процессов экспериментального ракетного двигателя ДМТ-МАИ-200М методом конечных элементов в программной среде вычислительной гидро- и газодинамики ANSYS CFX. Компоненты топлива — газообразный метан и кислород, присутствует завесное охлаждение стенок КС. Исследовалось влияние на результат моделирования внутрикамерных процессов турбулентного числа Прандтля посредством вариации постоянных значений от 0,25 до 0,9 и с использованием алгебраических моделей Васселя-Каттона и Кейса-Кроуфорда; модели турбулентности $k-\omega$ обобщённой (GEKO — Generalized k - ω) с различными коэффициентами CSEP.

Задача решается с учётом сопряженного теплообмена в секторной постановке, учитывается теплообмен со стенкой, с окружающей средой и участок свободной струи. Теплоперенос излучением моделируется с помощью диффузионной модели P1 со спектральной моделью серого тела (Gray). В качестве модели горения в данной работе используется модель горения тонкого фронта пламени PDF Flamelet, для предварительного построения библиотек которой был использован кинетический механизм CH_4/O_2 с 55 реакциями и 12 веществами. Расчётная область представляет одну шестую часть внутренней области КС, стенки, воздушной окружающей среды и зоны свободной струи. Применяется структурированная гексаэдральная сетка с разрешением пограничного слоя сеткой с параметром $y^+ \leq 1$, количество узлов в результате исследования сеточной сходимости составило 1,7 млн.

Проведенное численное моделирование показало, что турбулентное число Прандтля и коэффициент модели турбулентности CSEP оказывают значительное влияние на внутрикамерные процессы, их совместная настройка существенно улучшает результаты моделирования.

Вследствие уменьшения турбулентного числа Прандтля перемешивание холодного пристеночного слоя и продуктов сгорания, горючего и окислителя в области форсунки становится более интенсивным, увеличиваются температура и давление в КС, это приводит к повышению максимальной температуры стенки. Максимальные значения теплового потока наблюдаются в критическом сечении и в зоне присоединения скачка. Наибольшие тепловые

потоки в критике наблюдаются при меньших значениях CSEP и меньших значениях турбулентного числа Прандтля. При больших значениях коэффициента CSEP модели турбулентности происходит смещение тороидального вихря к критическому сечению, смещение компонентов топлива происходит дальше от форсунки, химические реакции происходят дальше по потоку, турбулентный перенос массовых долей и полнота сгорания снижаются, в результате чего уменьшается давление в КС и тяга двигателя.

При сравнении результатов исследования и экспериментальных данных выявлено, что наиболее близкие к экспериментальным данным значения давления в КС получены при сочетании меньших значений $CSEP = 0,75$ и $Prt = 0,25$. Разница между экспериментальным и расчетным давлением в КС составила менее 2%. Разница между экспериментальной и расчетной тягой двигателя составила 0,3%. Максимальная температура стенки наблюдается в критическом сечении и достигает значений больших, чем максимальная рабочая температура материала стенки.

Список используемых источников:

1. Thellmann A. Impact of Gas Radiation on Viscous Flows, in particular on Wall Heat Loads, in Hydrogen-Oxygen vs. Methane-Oxygen systems, based on the SSME Main Combustion Chamber // PhD thesis, Universität der Bundeswehr München, Institute of Thermodynamics, 2010.

2. Жуков В. П., Боровик И. Н., Строкач Е. А. Численное исследование влияния коэффициентов турбулентной диффузии и турбулентного числа Прандтля на результаты моделирования внутрикамерных процессов в тепловых двигателях // ISSN 0579-2975 Авиационная техника 2020 №4. УДК 533.5, 535.233

3. Иевлев В. М. Турбулентное движение высокотемпературных сплошных сред // Москва: Изд-во «Наука». 1975.

4. Чудина Ю. С. Рабочие процессы в ракетном двигателе малой тяги на газообразных компонентах топлива кислород и метан // Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. 2014.

Теплообмен при устойчивом пленочном кипении недогретых жидкостей

Виноградов М.М.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Ягов В.В.

НИУ «МЭИ», Москва

В научной группе профессора В.В. Ягова ведутся экспериментальные работы по изучению нестационарных процессов охлаждения высокотемпературных тел в жидкостях. Исследования сопровождаются разработкой физической модели устойчивого пленочного кипения при недогревах охлаждающей жидкости от 0 до 180 К и различном давлении (от 0,02 до 1 МПа). Эксперименты проводились на различных охлаждающих жидкостях, таких как вода, этанол, изопропанол, перфторгексан и жидкий азот.

Предложенные ранее модели подобного типа имеют погрешность при определении теплового потока более 35 % [1], [2], [3]. В 2017 году была предложена полуэмпирическая модель для расчета коэффициентов теплоотдачи и тепловых потоков в режиме пленочного кипения недогретой жидкости [4]. При сопоставлении результатов расчета по модели [4] с экспериментальными данными обнаружено, что расчет плохо согласуется с экспериментом при давлениях, отличных от атмосферного.

В настоящей работе предложена новая версия полуэмпирической модели для определения возникающего теплового потока в режиме устойчивого пленочного кипения. Модель основана на предположении Бромли для насыщенной жидкости. Учет недогрева жидкости выполняется путем рассмотрения жидкой фазы в системе в приближении пограничного слоя жидкости.

Новая разработанная модель показывает хорошее согласие с экспериментальными результатами при различных давлениях, недогревах и свойствах охлаждающей жидкости. В целом, новая модель является более физически обоснованной по сравнению с предыдущей версией [4].

Список используемых источников:

1. L. A. Bromley, Heat transfer in stable film boiling, 1949.
2. E. Specht, R. Jeschar and V. Heidt, "An analytical model for free convection film boiling on immersed solids," Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, vol. 31, no. 2, p. 137–146, 1992. doi:10.1016/0255-2701(92)85008-p.
3. T. H. K. Frederking and J. Hopfenfeld, "Laminar two-phase boundary layers in natural convection film boiling of subcooled liquids," Zeitschrift Für Angewandte Mathematik Und Physik ZAMP, vol. 15, no. 4, pp. 388–399, 1964. doi:10.1007/bf01601290.
4. V. V. Yagov, A. R. Zabirov, P. K. Kanin and M. A. Denisov, "Heat Transfer in Film Boiling of Subcooled Liquids: New Experimental Results and Computational Equations," Journal of Engineering Physics and Thermophysics, vol. 90, no. 2, p. 266–275, (2017). doi:10.1007/s10891-017-1564-3.

Двухмерное моделирование непрерывной спиновой детонации в коническом канале в разной постановке

Воронин А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Боровик И.Н.

МАИ, Москва

Цель настоящей работы — заполнение пробелов в исследованиях, так как предыдущие исследования редко фокусировались на моделировании спиновой детонации в развертке конического канала. Результаты нескольких исследователей показывают, что формирование, развитие и распространение детонационных волн связаны с геометрией канала [1,2,3].

В исследовании для моделирования используется CFD-программа ANSYS FLUENT. На основе материалов предыдущих исследований создана расчетная область, в виде развертки усеченного конуса $D_{\text{ниж}} = 934$ мм, $D_{\text{верх}} = 840$ мм, $h_{\text{кон}} = 910$ мм. На границах заданы периодические ГУ. На вход задана пользовательская функция подачи. Для исследования влияния геометрии на распространения детонационных волн с применением одноступенчатой керосино-воздушной реакции моделируются 2 способа подачи с нижнего диаметра и с верхнего диаметра конуса имитируя сужение и расширение канала. Для имитации форсунок вход делится на 256 частей по 5 мм.

Во время первого опыта, проведенного в условиях сужающегося конуса, был зафиксирован резкий скачок давления до 20 МПа. С точки зрения структуры, форма детонационная волна не отличалась от результатов, полученных при моделировании в цилиндрическом канале. Однако во втором опыте, в котором газовая смесь подавалась через форсунки, наблюдался ряд ударных волн, движущихся влево, что указывает на недостаточную силу детонации и снижение скорости детонационной волны. Помимо детонации наблюдалось и дефлаграционное горение. Дефлаграция не могла выжечь всю смесь, но в результате горения в зоне ввода свежей смеси образовались продукты реакции, вызывая появление дополнительных ударных фронтов.

В отличие от первого опыта, свежая смесь, подаваемая через форсунки, не способна очистить зону от продуктов реакции. Более того, в процессе второго эксперимента детонационная волна теряет свою первоначальную форму, распадаясь на множество мелких детонационных волн, двигающихся в разные стороны. После стабилизации зафиксировано 13 детонационных волн. Полученная скорость для первого опыта — 1660 м/сек, в то время как для второго — 1200 м/сек. Число Маха на выходе для 1 опыта — 1.4, для 2 — 1.14.

В условиях расширяющегося конуса вступает в действие геометрический фактор, который дополнительно ускоряет поток смеси. В ходе 3 опыта высота детонационной волны достигает половины высоты конуса, что является значительным отличием по сравнению с 1 опытом. При этом наблюдается еще более высокий скачок давления, достигающий 30 МПа.

4 опыт повторяет картину 2: детонационная волна начинает дробиться на множество мелких волн, движущихся в разных направлениях в хаотическом порядке. Время

стабилизации в этом опыте заметно увеличивается, количество стабильных детонационных волн 7.

Средняя скорость детонации, полученная в 3 опыте, составляет 1712 м/с, в то время как для четвертого эксперимента эта величина составляет 1531 м/с. Число Маха на выходе для 3 опыта — 1.6, для 4 — 1.1.

Из 4 опытов можно сделать вывод, что двумерное моделирование развертки конуса возможно, но ширину канала в таком случае варьировать становится невозможно.

В расширяющемся конусе высота детонационной волны достигает половину высоты конуса, что сильно повышает температуру в канале. Сужающийся канал оказывает негативное влияние на скорость, имеет место противодействие, возникающее за счет геометрического фактора. Имитация форсунок приводит к появлению продуктов сгорания в слое свежей смеси. Продукты горения нарушают подачу компонентов и приводят к образованию ударных фронтов, что снижает скорость детонации. Среднее число Маха на выходе уменьшается за счет геометрического фактора и площади впрыска компонентов (имитация форсунок), поток на выходе замедляется.

Список используемых источников:

1. Braun J, Saracoglu BH, Paniagua G. Unsteady Performance of Rotating Detonation Engines with Different Exhaust Nozzles. J Propuls Power 2016;33:121–30.

2. Bykovskii FA, Zhdan SA, Vedernikov EF. Continuous Spin Detonation of Hydrogen — Oxygen Mixtures. 2. Combustor with an expanding annular channel. Combust Explos Shock Waves 2008;44:150–62.

3. Быковский Ф.А., Ждан С.А. Непрерывная спиновая детонация. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. 70-73 с.

Разработка методики проектирования проточной части компрессора высокого давления

Гатауллина Е.Д., Мельников С.А.

Научный руководитель — к.т.н. Горячкин Е.С.

Самарский университет, Самара

Для получения регрессионных зависимостей была сформирована база меридиональных размеров проточных частей ГТД различных поколений, фирм разработчиков, типов и назначения. База данных формировалась путем обмера качественных чертежей — меридиональных разрезов ГТД, полученных из достоверных источников, качество которых не вызывает сомнения.

По полученным размерам были составлены относительные параметры. Таким образом была сформирована база данных для регрессионного анализа.

Регрессионные уравнения для каждого интересующего размера проточной части ищались отдельно по одинаковому алгоритму.

В единую таблицу собирались все параметры, которые могут оказывать влияние на значение интересующего размера. При этом учитывалась последовательность проектного расчета и те данные, которые могут быть известны на конкретном этапе.

В эту же таблицу добавляются все возможные безразмерные параметры, связанные с интересующим размером. Таким образом формируется таблица возможных безразмерных параметров с вероятными влияющими факторами.

Для массива данных проводился корреляционный анализ. С помощью пакета «анализ данных» Excel проводится попарный расчет статистической взаимосвязи всех параметров массива. Корреляция показывает, насколько систематически одна величина изменяется при изменении другой или нескольких других. Если сравниваемая пара параметров статистически взаимосвязана, то коэффициент корреляции стремится к 1. Если две величины независимы, то коэффициент корреляции приближается к 0.

С помощью пакета «анализ данных» Excel для предварительно выбранных параметров находилось уравнение регрессии, там же рассчитывались параметры, характеризующие «качество» уравнения. Особое внимание было уделено следующим параметрам:

R2 — коэффициент детерминации, показывающий насколько расчетная модель объясняет зависимость и изменения изучаемого параметра — Y от исследуемых факторов — X. Приемлемыми считаются значения 0,6-1.

P-Значение — вероятность, позволяющая определить значимость найденного коэффициента регрессии. Данный параметр должен быть менее 0,05 и стремиться к нулю.

F — Наблюдаемое (эмпирическое) значение статистики F, по которой проверяется гипотеза равенства нулю одновременно всех коэффициентов модели. Данный параметр должен стремиться к нулю.

Для предварительно выбранных переменных находились коэффициенты регрессии и значения указанных выше параметров регрессии. Таким образом, варьируя все возможные комбинации Y и влияющих переменных, находились уравнения, которые обладали максимальным значением R2 и минимальными P для всех коэффициентов. В случае если для линейного регрессионного уравнения не были найдены значения коэффициентов регрессии с приемлемыми статистическими параметрами, по схожему алгоритму ищались значения коэффициентов уравнений нелинейной регрессии.

С помощью найденных уравнений рассчитывались значения интересующих параметров по значениям базы данных и вычисленные значения сравнивались с реальными параметрами базы. В результате сравнения проводилась оценка значения средней и максимальной ошибки по имеющемуся массиву данных. Эти значения также помогали в выборе уравнений.

Для проверки адекватности найденных регрессионных уравнений с их помощью был проведен расчет размеров проточной части некоторых двигателей из базы данных. С чертежей двигателей брались диаметральные размеры и затем с помощью найденных формул проводился расчет ширин венцов и осевых зазоров.

Дальнейшая разработка данной методики поможет учесть особенности конструкции проточной части двигателей и ее элементов и сократит время расчета на этапе проектирования, а также прогнозирует более реальные параметры компрессоров.

Список используемых источников:

1. Белоусов А.Н., Мусаткин Н.Ф., Радько В.М. Теория и расчет авиационных лопаточных машин. Учебник для вузов. 2-е изд., испр., доп. Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2003. 344 с.

Математическое моделирование процессов зажигания и вылета ложных тепловых целей

Гимаева Н.Р.

ТГУ, Томск

Отстреливаемые ложные тепловые цели играют значительную роль в обеспечении безопасности полетов вертолетов и самолетов в рамках различных миссий [1]. Эти устройства разработаны для создания большого теплового излучения при сгорании горючего состава, что затрудняет точное определение местоположения летательного аппарата, так как температура двигателей самолета или вертолета высока [2].

Ложные тепловые цели представляют собой устройства, похожие на сигнальные или осветительные боеприпасы [3], состоящие из гильзы, заполненной твердым горючим составом. Для успешного использования ложных тепловых целей необходимо обеспечить стабильное зажигание пиротехнического состава таблетки-излучателя до ее вылета из гильзы [4].

Однако, для полного зажигания таблетки-излучателя в гильзе необходимо изучить влияние различных параметров на процесс зажигания и вылета таблетки-излучателя. В рамках данной работы требуется определить оптимальные значения таких параметров, как зазор между цилиндрическими поверхностями гильзы и таблетки, а также размер частиц, поступающих от инициирующего устройства и пиротехнического состава таблетки. Полученная информация о влиянии этих параметров на процесс зажигания является важной для минимизации возможности неудачных запусков ложных тепловых целей.

В данной статье будет разработана физико-математическая модель, которая позволит описать процесс зажигания и вылета таблетки-излучателя из гильзы. Будет изучено влияние размера частиц, поступающих от инициирующего устройства и пиротехнического состава таблетки, а также величины зазора между цилиндрическими поверхностями гильзы и таблетки на время зажигания торцевой поверхности таблетки.

Таблетка-излучатель находится в гильзе, которая закрыта мембраной с одного конца. При достижении необходимого давления форсирования мембрана открывается. В начальный момент времени с поверхности инициатора поступают продукты сгорания, состоящие из газа-инициатора и частиц. Между поверхностью таблетки и продуктами сгорания происходит теплообмен за счет радиации, кондукции от частиц и конвекции продуктов сгорания. Когда торцевая поверхность таблетки достигает температуры зажигания, в свободный объем гильзы начинают поступать продукты сгорания, состоящие из газа таблетки и частиц. При достижении на мембране давления форсирования, она вскрывается, и под действием динамического напора продуктов сгорания, таблетка начинает двигаться вдоль оси x и покидает гильзу.

Будем рассматривать исследуемый процесс в рамках следующих допущений. Течение продуктов сгорания двумерное осесимметричное, продукты сгорания представляют собой вязкую сжимаемую многотемпературную и многоскоростную среду, состоящую из многокомпонентного газа (воздух, газ инициирующего устройства и газ от таблетки) и частиц от инициирующего устройства и частиц от таблетки. Приход массы и энергии газа и частиц от горячей поверхности таблетки моделируется через источниковые члены в уравнениях сохранения.

Для оценки времени зажигания таблетки решается задача по подключению к горению поверхности таблетки-излучателя. Предполагается, что зажигание поверхности, т.е. включение её в процесс горения, происходит постепенно, после достижения температуры в данной точке некоторого критического значения. Температура поверхности обычно находится либо путем численного решения нестационарного уравнения теплопроводности либо путем решения обыкновенного дифференциального уравнения, полученного одним из интегральных методов. В данной работе используется второй способ, как менее ресурсозатратный.

Процесс движения таблетки-излучателя в гильзе моделируется с помощью уравнения движения совместно с использованием технологии динамических сеток.

В рамках выполнения данного исследования, установлено, что ширина зазора между цилиндрическими поверхностями гильзы и таблетки оказывает значительное влияние на процесс зажигания торцевой поверхности таблетки. Увеличение ширины зазора между поверхностями гильзы и таблетки способствует интенсификации роста температуры торцевой поверхности таблетки, что в свою очередь, приводит к уменьшению времени зажигания.

С другой стороны, уменьшение размера частиц приводит к увеличению времени зажигания торцевой части таблетки. Такая зависимость важна для контроля временных характеристик зажигания и может быть использована при проектировании систем с различными временными параметрами.

Полученные результаты предоставляют основу для дальнейших исследований и разработок в области создания более эффективных систем зажигания. Улучшение временных характеристик зажигания и контроль над процессом зажигания позволяют повысить надежность и эффективность таких систем. Это может быть важно в различных областях, где применяются системы с контролируемым зажиганием.

Список используемых источников:

1. Специалисты по взрывчатым веществам, пиротехнике и боеприпасам. // Биографическая энциклопедия. М.: Авиарус-XXI, 2006.
2. Шидловский А.А. Основы пиротехники, изд. 4. М.: Машиностроение, 1973. 292 с.
3. Взрывчатые вещества, пиротехника, средства инициирования в послевоенный период: Люди. Наука. Производство. М.-СПб: Гуманистика, 2001. 928 с.
4. Мельников В.Э. Современная пиротехника М: 2014. 480 с.

Оценка возможности повышения эффективности масляной системы охлаждения стационарной газотурбинной установки

Голенок А.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Неверов А.С.

МАИ, Москва

Повышение ресурса работы современных стационарных газотурбинных установок (ГТУ) требует решения задач обеспечения контроля вибрационных характеристик основных элементов конструкции и разработки способов поддержания требуемого уровня их значений.

На основе данных, предоставленных предприятием ООО «Газпром трансгаз» — Портовое ЛПУМГ по эксплуатации ГТУ Trent 60 DLE мощностью 50 МВт, была проведена статистическая обработка ее вибрационных характеристик и выполнен корреляционный анализ влияния режимных параметров ГТУ.

Установлено, что уровень вибраций газотурбинной установки зависит от термической нестабильности ротора и от режимных изменений его дисбаланса, в том числе от температуры, давления и влажности воздуха, поступающего в установку. При этом у роторов ГТУ, работающих на гидродинамических подшипниках, температура нагрева масла зависит от амплитуды колебаний цапфы в подшипнике. Возможная вариативность вибрационных характеристик ГТУ, а, следовательно, изменение степени нагрева смазочного масла, требует повышение требуемой надежности его охлаждения.

Была решена задача теплогидравлического проектирования кожухотрубного рекуперативного теплообменного аппарата (ТА) масляной системы охлаждения стационарной газотурбинной установки мощностью от 25 до 30 МВт.

Проведена оценка повышения эффективности ТА при использовании оребренных труб с различными геометрическими параметрами, а также за счет установки частотно-регулируемого привода вентиляторов-нагнетателей охлаждающего воздуха.

Список используемых источников:

1. Опоры осей и валов машин и приборов. Спицын Н.А. и др. М.: Изд-во «Машиностроение», 1970. — 520 с.
2. Рыженков В.М. Технология балансировки роторов авиадвигателей: Учебное пособие. — М.: МАИ, 2022, — 65 с.
3. ГОСТ ИСО 7919-4-99. «Вибрация. Оценка состояния машин по измерениям вибрации на невращающихся частях. Часть 4. Газотурбинные установки, за исключением установок на основе авиационных турбин».
4. Петровский Ю.В., Фастовский В.Г. Современные эффективные теплообменники. М: Государственное энергетическое издательство, 1962, — 256 с.

Влияние модели турбулентности на распределение параметров в слое смещения

Гритчин Д.М., Шилов М.С., Полетаев А.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Молчанов А.М.

МАИ, Москва

Смещение потоков встречается в самых различных областях техники. В первую очередь, говоря об авиационной и ракетно-космической, стоит отметить истечение из сопел, различного рода вдув — как во внешний контур, так и во внутренний (в основном для охлаждения ДУ).

Для исключения влияния других факторов, способных оказать воздействия на чистоту численных экспериментов, в качестве модели была выбрана прямолинейная труба с разделённым входом. В таком случае слой смещения, а также распределение параметров в нём можно максимально отчётливо рассчитать, сгустив сетку в нужном месте — на линии, параллельной стенке, и проходящей через точку раздела входа.

Из моделей турбулентности самыми трудоёмкими для расчёта, не беря во внимание прямое численное моделирование (DNS) и методы, связанные с моделированием вихрей, —

это в первую очередь модель, основанная на уравнении переноса турбулентных напряжений (напряжений Рейнольдса). Данные уравнения математически строго получаются взятием смешанного момента по двум компонентам скорости от уравнения количества движения [1]. С привлечением дополнительных градиентных гипотез, а также алгебраических моделей для пульсаций давления с градиентом скорости, уравнения становятся разрешимыми численно. Поскольку тензор напряжений симметричен решать необходимо лишь 6 уравнений из 9, однако метод всё равно остаётся трудоёмким, и при этом не во всех случаях является более выигрышным по точности расчётов.

В противовес модели напряжений Рейнольдса, предлагается использовать более простые — двухпараметрические модели турбулентности с соответствующими поправками, например, на сжимаемость. Это в первую очередь модель К- ϵ для свободных течений (например, слой смешения), К- ω для пристенных и SST как комбинация двух вышеперечисленных. Как показали расчёты, для слоя смешения, например, модель К- ϵ , даёт удовлетворительные результаты, при этом не требует больших затрат, более устойчива и имеет более быструю сходимость, что также немаловажно. Для сверхзвукового течения, однако, как показали расчёты, необходимо вводить поправку на сжимаемость. Наиболее лучшее совпадение с экспериментом обеспечивает поправка, пропорциональная турбулентному числу Маха [2]. Отдельно стоит отметить, что модель SST практически полностью совпадает с К- ϵ для данного расчётного случая. Оно и не удивительно, ведь модель SST основана на функции переключения между К- ϵ и К- ω . Как раз для слоя смешения, где сильна модель К- ϵ , результаты SST и К- ϵ не различимы.

Список используемых источников:

1. Молчанов А.М. Термофизика и динамика жидкости и газа. Специальные главы. — Москва, 2019. — 152 с.
2. Молчанов А.М. Неравновесная высокоэнтальпийная термогазодинамика — Москва, 2020 г. — 152 с.

Проектирование и расчёт тороидальных винтов для квадрокоптера

Груздев И.Н.

Научный руководитель — Кащеев И.С.

МАИ, Москва

Стремительное развитие беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в мире и их массовое внедрение и применение в различных сферах деятельности, диктует новые условия и требования их развития. Так, согласно наблюдениям, рынок БПЛА в мире всего за 5 лет с 2013 по 2018 год вырос более чем в 7 раз. Кроме того, прогнозируется увеличение доли дронов потребительского сектора, относительно их общего количества [1].

Одной из основных является проблема повышенного шума, образующегося при вращении из-за периодического силового воздействия лопастей на окружающую среду в каждой фиксированной точке диска винта из-за вращения подъемной силы и силы сопротивления вместе с лопастями, что накладывает ограничения на использование дронов как в гражданских, так и в военных сферах. Одним из способов решения данной проблемы могут стать винты тороидальной формы. Благодаря сложной геометрии лопасти, влияние вихрей и явления срыва потока на концах винта сводится к минимуму. Кроме того, данные винты способны дать прирост к подъемной силе ДПЛА, что повысит эффективность квадрокоптеров и расширит возможности их применения [2].

В работе рассматриваются основные этапы создания математической модели для оптимизации геометрических форм тороидальных винтов для получения максимальных аэродинамических характеристик.

Полученные в ходе расчетов данные позволяют определить перспективность и целесообразность развития пропеллеров сложных форм, а также упростить и улучшить процесс разработки и расчётов тороидальных винтов для беспилотных летательных аппаратов в будущем.

Работа по расчету и оптимизации модели проходила в программном комплексе Ansys, с использованием модуля CFX. Программа была выбрана по причине возможности расчёта как аэродинамических, так и прочностных характеристик изделия, а также оптимизации рассчитываемых лопастей, для нахождения оптимальных форм.

Список используемых источников:

1. Костин, А. С. Анализ рынка беспилотных летательных аппаратов в России и мире / А. С. Костин, Н. В. Богатов // Аэрокосмическое приборостроение и эксплуатационные технологии : Сборник докладов Первой Международной научной конференции, Санкт-Петербург, 14–22 апреля 2020 года. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2020. — С. 125-130. — DOI 10.31799/978-5-8088-1450-9-2020-1-125-130. — EDN AAWUBL.

2. Заславский Ю.М., Заславский В.Ю. Акустический шум низколетящего квадрокоптера // Noise Theory and Practice. 2019. №3 (17). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/akusticheskiy-shum-nizkoletyashchego-kvadrokoptera> (дата обращения: 04.03.2024).

Влияние свойств поверхностей на теплообмен при охлаждении высокотемпературных металлических тел

Грузинцева У.А., Краснов Н.А., Дебердеев Д.Д.

Научный руководитель — к.т.н. Молотова И.А.

НИУ «МЭИ», Москва

Научным коллективом профессора В.В. Ягова (Московский энергетический институт, кафедра Инженерной теплофизики) проводятся эксперименты по изучению пленочного и интенсивного режимов кипения при охлаждении высокотемпературных тел в жидкостях.

Рабочие образцы представляют собой цилиндры диаметром 10 мм и высотой 50 мм со сферической головкой в нижней части цилиндра радиусом 5 мм. Эксперименты ведутся на стенде, на котором имеется возможность регулирования давления системы, недогрева жидкости и начального перегрева охлаждаемой поверхности [1]. Экспериментальный стенд позволяет работать в диапазоне давлений системы от 0,02 до 1 МПа и регулировать температуру охлаждающей жидкости от -80 до 100 °С. В качестве охлаждающих жидкостей используются вода, этанол, бинарная смесь вода/этанол и FC-72. В результате экспериментов получены термограммы охлаждения, которые представляют собой зависимость изменения температуры по времени.

По термограммам видно, что в различных жидкостях характер процесса охлаждения изменяется. При увеличении недогрева жидкости происходит рост температуры перехода к интенсивному режиму охлаждения. При этом длительность охлаждения снижается. Эксперименты, проведенные по охлаждению цилиндров с различной тепловой активностью (медь и цирконий), демонстрируют, что охлаждению образцов с высокой тепловой активностью соответствуют более низкие температуры перехода (медь по сравнению с цирконием). Кроме того, на характеристики охлаждения оказывают влияние микроструктура охлаждаемой поверхности, толщина наносимого покрытия, наличие оксидного слоя. Сравнение экспериментальных температур перехода с расчетом по физической модели [2] показало, что средняя относительная погрешность модели составляет 30 %.

Также проведена оценка коэффициентов теплоотдачи и тепловых потоков, отводимых от поверхности, методом сосредоточенной теплоемкости. Охлаждению в воде соответствуют огромные значения отводимых тепловых потоков (2-10 МВт/м²). Для получения более точных оценок необходимо решать обратную задачу теплопроводности.

Список используемых источников:

1. Zabiroy A. R., Yagov V. V., Kalita V. I., Radyuk A. A., Molotova I. A., Belyaev I. A. Heat transfer under quenching of cylindrical bodies in subcooled liquids //Nucl. Eng. Des. — 2021. — Т. 383. — С. 111380.

2. Канин П. К. О механизме дестабилизации паровой пленки при нестационарном пленочном кипении //ТВТ. — 2023. — Т. 61. — №. 2. — С. 241-250.

Исследование процессов охлаждения высокотемпературных тел при воздействии струи недогретой жидкости

Губанова Т.А., Забиров А.Р.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Ягов В.В.

НИУ «МЭИ», Москва

Свойства сталей и сплавов определяются прежде всего их структурой, которая, в свою очередь, зависит от скорости охлаждения. Нагрев металла выше температуры фазовых превращений с последующим медленным охлаждением приводит к обратному превращению структуры сплава в исходное состояние. Если скорость охлаждения достаточно высока, то зафиксировано состояние структуры сплава, характерное для высоких температур, т.е. произойдет непосредственный процесс закалки материала. Процессы кипения напрямую связаны с закалкой металлических изделий. Процессы охлаждения сферических образцов при определенных режимах кипения были рассмотрены впервые Д. Кеннингом, Г. Хьюиттом с аспирантами еще в 1986г [1]. Приблизительно в это же время был введен новый термин — микропузырьковое кипение. Многочисленные экспериментальные исследования показали, что интенсивность охлаждения в режиме микропузырькового кипения на порядок выше, чем при обычном пленочном кипении насыщенной жидкости.

Микропузырьковое кипение происходит на поверхности, нагретой до температуры, намного превышающей температуру предельного перегрева жидкости, и при охлаждении именно в недогретой жидкости. Теоретически при столь высоких температурах поверхности контакт жидкости со стенкой просто невозможен. Понятно, что будет образовываться устойчивая паровая пленка, препятствующая высокоинтенсивному отводу тепла с поверхности. Уже более 30 лет перед исследователями стоит вопрос о происхождении интенсивного процесса теплообмена при кипении недогретой жидкости. В действительности паровая пленка неустойчива. Эксперименты, представленные в монографии [2] проведены с помощью устройства, позволяющего вводить струю жидкости на охлаждаемую поверхность при той же температуре, что и в резервуаре. Из анализа термограмм можно сказать, что воздействие затопленной струи жидкости на неустойчивую паровую пленку может привести к распространению фронта охлаждения по поверхности и, как следствие, очень быстрому переходу к интенсивному режиму теплообмена.

На основе результатов экспериментов, проводимых научной группой В.В. Ягова на кафедре ИТФ «МЭИ», можно точно сказать о влиянии свойств охлаждаемой поверхности и свойств охлаждающей жидкости на процессы нестационарного пленочного кипения насыщенной и недогретой жидкости. На основе экспериментальных результатов группы по охлаждению высокотемпературных тел затопленной струей можно говорить о ее непосредственном влиянии на процесс теплообмена.

Представлены экспериментальные данные по охлаждению нагретых металлических образцов в недогретой жидкости при воздействии затопленной струи той же жидкости. Подтверждена ранее разработанная приближенная полуэмпирическая модель дестабилизации паровой пленки [3].

Список используемых источников:

1. Aziz, G. F. Hewitt and D. B. R. Kenning, "Heat transfer regimes in forced convection film boiling on spheres," International Heat Transfer Conference Digital Library, Begel House Inc., 1986.
2. Liscic, Bozidar, et al., eds. Quenching theory and technology, vol. 10, CRC Press, 2010, pp. 292-293.
3. Yagov, V.V. Heat transfer at cooling high-temperature bodies in subcooled liquids/ V. V. Yagov, A. R. Zabirov, P. K. Kanin // Int. Journal of Heat and Mass Transfer. — 2018. — Vol. 126(A). — P. 823-830.

Анализ сквозного моделирования малоразмерного ТРД с учётом внутренних полостей

Давыдов А.А.

Научный руководитель — к.т.н. Ковалева Н.Н.

РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

На сегодняшний день применение малоразмерных газотурбинных двигателей является одним из перспективных и приоритетных направлений в развитии авиации. Совершенствование способов их проектирования позволит сократить сроки, уменьшить стоимость разработки, что является критически важным для данного типа двигателей. Одним из них является переход к сквозному численному моделированию рабочего процесса. Оно позволит исключить ошибки в определении газодинамических характеристик потока и, частично или полностью, позволит заменить итерационный подход при определении характеристик двигателя, при котором присутствуют неточности при передаче данных между изолированными моделями с последующим итерационным подбором граничных условий.

Данный подход как нельзя кстати подходит для малоразмерных двигателей, в виду того, что незначительное увеличение времени сквозного моделирования компенсируется большей точностью, в отличие, например, от двухконтурных двигателей, для которых увеличение времени моделирования и размерности будет несоизмеримо по сравнению с изолированными моделями.

В данной работе демонстрируется методика сквозного численного моделирования малоразмерного ТРД, когда в расчетную модель включается не только проточная часть двигателя (компрессор, камера сгорания, турбина, сопло), но и внутренние полости с лабиринтными уплотнениями. Такой подход позволяет оценить на этапе моделирования не только основные параметры узлов, но и утечки из проточной части, проанализировать их влияние на работу узлов и двигателя в целом. Оценка параметров во внутренних полостях, необходима для более точного определения температурного состояния деталей, которое является исходным данным для оценки их напряженно-деформированного состояния. Также в результате расчета определяются осевые газовые силы, действующие на ротор, значения которых необходимы для более точного выбора подшипников в опорах.

В работе определены основные требования и приводятся рекомендации к расчетной модели и настройкам решателя при сквозном моделировании. Для повышения устойчивости расчета и обеспечения более быстрой сходимости (уменьшения времени моделирования) необходимо использовать метод интерполяции. То есть перед сквозным моделированием выполняются расчеты изолированных моделей компрессора, камеры сгорания и турбины, а их результаты используются в качестве начального распределения для сквозного моделирования. При сверхкритических перепадах давления в сужающемся сопле обязательным условием для моделирования является наличие присоединенного объема за соплом, размеры которого выбираются таким образом, чтобы исключить «отражение» струи из сопла от выхода из расчетной области.

При реализации сквозного численного моделирования требуется минимальный набор данных по двигателю: его геометрическая 3D-модель (выполненная в любой CAD-системе), параметры атмосферы (давление, температура), обороты ротора, расход топлива в камере сгорания и параметры его распыла (диаметры капель и углы распыла, которые определяются в ходе предварительного эксперимента — «проливов» форсунок).

При сквозном моделировании исключаются ошибки при передаче данных между доменами. Данный подход полностью учитывает условия совместной работы узлов. Возможно определение тяги двигателя на рассматриваемом режиме без дополнительных программных средств термодинамического расчета.

Исследования в данном направлении актуальны и направлены на создание методологии сквозного моделирования ГТД в рамках цифровых двойников.

Список используемых источников:

1. Осипов И. В., Ломазов В. С. Разработка малоразмерных ГТД различного типа на базе унифицированного газогенератора // Авиационные двигатели. 2019. № 4 (5)

2. Сыченков В. А., Лиманский А. С., Юсеф В. М., Анкудимов В. В., Сейид Джафари С. С. Малоразмерный газотурбинный двигатель для беспилотного летательного аппарата // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2019. № 4. С. 115 – 123.

3. Кривошеев И.А., Чечулин А.Ю., Хохлова Ю.А. Выбор модели турбулентности при расчете потерь давления в проточной части ГТД с использованием программного комплекса ANSYS CFX // Вестник УГАТУ. 2011. № 2. С. 68–73.

4. Юсеф В. М. и др. Анализ газодинамики и горения в малоразмерной петлевой камере сгорания // Изв. вузов. Авиационная техника. 2018. № 3. С. 133–138.

Исследование закономерностей охлаждения горячих тел в жидкостях применительно к толерантному топливу АЭС

Дебердеев Д.Д., Грузинцева У.А., Краснов Н.А.

Научный руководитель — к.т.н. Молотова И.А.

НИУ «МЭИ», Москва

В большинстве действующих в РФ АЭС с водо-водяными реакторами эксплуатируются твэлы, оболочка которых выполнена из циркониевых сплавов, а ядерное топливо представляет собой диоксида урана. Однако циркониевые сплавы имеют существенный недостаток, который заключается в термохимической реакции, происходящей при взаимодействии разогретых до высоких температур оболочек твэлов с парами воды при запроектных авариях на АЭС, при этом протекает парацirkониевая реакция. В этой связи, на сегодняшний день ведётся разработка нового толерантного топлива (Accident Tolerant Fuel [1]).

Разработки осуществляются в части замены самого топлива (UO₂) и/или циркониевых оболочек твэлов. К основным концепциям применительно к оболочкам твэлов относятся нанесение защитных покрытий на цирконий (в основном, хромсодержащих) либо замена Zr сталями и сплавами (ферритно-мартенситные (FeCrAl), аустенитные, хромоникелевые), а также керамическими композитами.

Анализ научных работ показывает, что исследования материалов толерантного топлива должны включать изучение его характеристик при заливе активной зоны реактора водой в случае аварии типа LOCA. При этом свойства охлаждаемой поверхности твэла могут оказать существенное влияние на температуру перехода от пленочного кипения к более интенсивному режиму охлаждения.

Для проведения экспериментов в инертной среде и при повышенных давлениях вплоть до 1,0 МПа использовался стенд «Режимы охлаждения высокотемпературных поверхностей», разработанный в 2013 году сотрудником научной группы, А.Р. Забировым [2]. Рабочими образцами являются металлические цилиндры длиной 40-50 мм и диаметром 10 мм. Проведены эксперименты по охлаждению циркония без и с нанесенными защитными покрытиями различной толщины, а также сплава FeCrAl при различных давлениях и недогревах охлаждающей жидкости. Анализ литературы и экспериментальные результаты свидетельствуют о применимости толерантного топлива для АЭС с водо-водяным реактором, однако требуется проведение дальнейших испытаний.

Список используемых источников:

1. Rebak R. B., ed. Accident-Tolerant Materials for Light Water Reactor Fuels //Elsevier. 2020. 221 с.

2. Zabiroy A. R., Yagov V. V., Kalita V. I., Radyuk A. A., Molotova I. A., Belyaev I. A. Heat transfer under quenching of cylindrical bodies in subcooled liquids //Nuclear Engineering and Design. — 2021. — Т. 383. — С. 111380.

Исследование процессов захлаживания криогенных двигательных магистралей

Дозорова А.А., Трусевич Ю.В.

Научный руководитель — Антюхов И.В.

МАИ, Москва

При подготовке к запуску ракетного двигателя с использованием криогенных компонентов необходимо произвести захлаживание основных трубопроводов и полостей насосов до температуры близкой к температуре компонентов топлива. Это позволит избежать интенсивного вскипания и образования активной газовой фазы при заполнении компонентами топлива в жидком состоянии. В противном случае может произойти кавитация при раскрутке насосов, что приведет к пульсациям и значительным забросам давления, а в худшем случае — к неудачному запуску двигателя.

Для оптимального захлаживания магистралей следует выбирать соответствующие схемы, обеспечивающие высокую эффективность и минимальные потери компонентов. Различные режимы течения криогенной жидкости в канале могут быть использованы при захлаживании протяженных магистралей, и они оказывают значительное влияние на интенсивность теплообмена.

Исследование было посвящено анализу модельной магистрали, состоящей из труб диаметром 58 мм и 20 мм из нержавеющей стали и модели шнекоцентробежного насоса в области теплогидравлики. Шнекоцентробежный насос, входящий в теплогидравлическую модель, относится к элементам с высокой теплоемкостью.

Критическое значение для формирования двухфазного потока принадлежит входу в экспериментальный участок, поскольку именно здесь обеспечивается начальное распределение жидкости в сечении канала. При выполнении моделирования был выбран режим опускного течения двухфазного потока на входе в магистраль. В теплоемком элементе происходит интенсивное смешивание и дробление жидкости в потоке. Горизонтальные секции дальней части участка созданы для моделирования процессов охлаждения при существенных температурных напорах.

Для измерения физических параметров и контроля работы стенда в процессе эксперимента использовалась автоматизированная система научных исследований. В ходе эксперимента осуществлялось измерение давления, температуры на экспериментальных участках и содержимое температуры расходной емкости, а также расход компонентов. Измерение температуры стенок экспериментального участка выполнялось с помощью хромель-копелиевых термопар с диаметром термоэлектродов 0.1 мм. На протяжении участка было установлено 7 таких термопар. Температура жидкости в расходной емкости измерялась с использованием криогенных полупроводниковых термометров типа ТПК.

Установленные термопары регистрируют температуру наружной стороны элементов модельной магистрали. Принимая допущение о постоянстве температуры элемента участка по его толщине, можно использовать уравнение теплового баланса для вычисления плотности теплового потока на внутренней поверхности элемента магистрали в месте установки термопары. Однако это предположение применимо только при условии, что число Био меньше 0.1. Для нахождения плотности теплового потока и расчета локального коэффициента теплоотдачи производится вычисление производной температуры по времени с помощью аппроксимации конечными разностями. Полученное значение сопряжено с некоторой погрешностью, которая сведена к минимуму за счет применения метода Рунге – Ромберга второго порядка.

Полученный локальный коэффициент теплоотдачи определяется с использованием закона Ньютона-Рихмана при условии, что температура потока охлаждения является постоянной и близкой к температуре насыщения.

В результате анализа экспериментальных данных получены зависимости температур стенок, тепловых потоков и коэффициентов теплоотдачи на внутренней поверхности модельной магистрали. Были построены кривые кипения, отражающие зависимость коэффициента теплоотдачи от температуры элемента в экспериментальной модели магистрали.

Список используемых источников:

1. Архаров А.М., Марфенина И.В., Микулин Е.И. Теория и расчет криогенных систем: Учебник для вузов по специальности «Криогенная техника». — М.: Машиностроение, 1978. 415 с.
2. Костюк В.В., Фирсов В.П. Теплообмен и гидродинамика в криогенных двигательных установках. М.: Наука, 2015.
3. Нестационарный теплообмен — Кошкин В.К., Калинин Э.К., Дрейцер Г. А., Ярхо С.А. Москва: «Машиностроение» 1973.
4. Осипова В.А. Экспериментальное исследование процессов теплообмена: Учеб. пособие для вузов. — 3-е изд., перераб. И доп. — М.: Энергия, 1979. — 320 с., ил.

Комплексная оценка эффективности применения системы контроля двигателя летательного аппарата в процессе эксплуатации

Завьялова М.И.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Гончар А.Г.

МАИ, Москва

Понятие эффективности функционирования, в исследовании, понимается не как свойство, а как показатель технологических процессов применения (эксплуатации) системы контроля, т.е. показатель достижения целей системы контроля летательного аппарата при её эксплуатации и/или при подготовке к пуску. Технологические циклы эксплуатации и подготовки летательных аппаратов к пуску относятся к классу целенаправленных сложных процессов.

При многокомпонентном анализе эффективности таких процессов в состав вектора комплексного эффекта должны входить лишь существенные единичные показатели — производительность, надежность, затраты на создание системы. При оценке эффективности функционирования системы контроля следует применять вероятностные характеристики соответствующих показателей, но из-за отсутствия разработки вероятностных методик проектирования подобного рода систем в исследовании используются математические ожидания значения показателей эффективности.

Каждый из единичных показателей эффективности функционирования системы контроля двигателя летательного аппарата (производительность, надежность, затраты на создание системы) зависит от целого ряда факторов и содержит элементы неопределенности. Поскольку три выделенных показателя эффективности противоречат друг другу, комплексная модель эффективности исследуемых процессов не может быть получена как аддитивная сумма показателей производительности, надежности и затрат. Кроме того, эти показатели имеют разные размерности. Поэтому комплексная модель для исследования эффективности разрабатывается в классе функций, отвечающих требованию безразмерности [1–3].

Наиболее простой функцией, отвечающей целям исследования, является функция, описывающая математическое ожидание значения показателя эффективности, как множество математических ожиданий комплексных показателей производительности, надежности и стоимости.

Список используемых источников:

1. Губанов Б.И. Триумф и трагедия «Энергии». Размышления главного конструктора. Т.3. «Энергия — Буран». — Нижний Новгород: Издательство НИЭР, 2008. — 341 с.
2. Бахвалов Ю.О. Модели и расчеты на прочность композитных конструкций летательных аппаратов. — М.: МАТИ, 2007. — 114 с.
3. Цырков А.В. Методология проектирования в мультиплексной информационной среде. — М.: ВИМИ, 1998. — 281 с.

Сравнение пористого и щёточного уплотнений в расчётной области под камерой сгорания в газотурбинном двигателе SaM-146 с помощью инструмента анализа Ansys CFX

Загородников С.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Силуянова М.В.

МАИ, Москва

В газотурбинных двигателях (далее ГТД) для уменьшения утечек в тракте, которые влияют на КПД двигателя применяют уплотнения. На данный момент основное применение нашли щеточные уплотнения (далее ЩУ). ЩУ позволяют применять их в конструкциях, допускающих большие радиальные перемещения роторных частей ГТД. Но у данного типа уплотнений есть и недостатки, а именно: сложность изготовления, не возможность работы на реверсивном режиме. В свою очередь возможной альтернативой, которая позволяет снизить стоимость изготовления является применение пористого материала, к тому же с развитием 3D-печати как аддитивной технологии можно значительно упростить изготовление подобных форм, которые трудно изготовить с использованием традиционного производства.

Рассматривается область под камерой сгорания ГТД SaM-146, смоделированная с помощью CAD системы, с учетом геометрических особенностей рассматриваемых уплотнений. Для оценки эффективности моделируется воздушный поток, который заключен в область между роторной и статорной частью, поэтому учитывалась турбулентность при создании модели потока, а также частоты вращения вала высокого давления. Одним из основных условий было отсутствие запирающего канала, что может привести к перегреву элементов двигателя и нарушить правильную работу. Также необходимо задать параметры уплотнительного механизма, такие как его геометрия, тип материала и коэффициент деформации. Эти параметры будут использоваться для расчета давления и температуры в зазоре после уплотнения. Необходимо точно определить все параметры системы, включая расстояние за уплотнением, чтобы обеспечить максимальную точность расчетов и гарантировать правильную работу системы в реальных условиях эксплуатации.

Для анализа результатов графическое представление полного давления может показать, как вращение вала влияет на динамику изменения давления внутри системы и на скорость потока жидкости или газа. Если при вращении вала возникают значительные колебания или падения давления, это может свидетельствовать об неисправности в системе или о несоответствии вращающегося компонента механизму системы. Также графическое представление полного давления может помочь определить оптимальные скорости вращения вала и давления для достижения наибольшей эффективности системы. Например, при слишком высоких скоростях, возможно резкое увеличение давления и потеря эффективности, а при недостаточной скорости — медленная подача жидкости или газа.

Для анализа теплообмена в данной области применяются графики сходимости полной температуры, которые позволят отследить изменение температурного поля во времени и получить ценную информацию теплообмене.

В рамках работы было проведено компьютерное моделирование процессов газодинамики и теплообмена в секторе области под камерой сгорания в газотурбинном двигателе при варьировании режимов двигателя и уплотнений. Анализ эффективности уплотнений велся путем рассмотрения температурного поля в областях с уплотнением, запирающим область при подаче большего расхода воздуха и величине полного давления. На основании полученных данных сделаны выводы о том, что пористое уплотнение обеспечивает равномерное распределение давления и температуры по всей поверхности уплотнения по сравнению с щеточным.

Список используемых источников:

1. Попов, Г.М. Численное моделирование рабочего процесса и расчета характеристик вентилятора ГТД с помощью методов вычислительной газовой динамики [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / Г.М. Попов, Е.С. Горячкин, Ю.Д. Смирнова; О.В. Батурин. — М.: Минобрнауки России, СГАУ. — Самара, 2014.

2. Иноземцев А.А. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок: Учебник для студентов специальности «Авиационные двигатели и энергетические установки»: в 3-х т. / Иноземцев А.А., Нихамкин М.А., Сандрацкий В.Л. — М.: Машиностроение, 2007. — 232 с. — 3 т.

3. Флетчер, К. Вычислительные методы в динамике жидкостей [Текст]. В 2-х томах/К. Флетчер. — М.: Мир, 1991. — 1056 с.

Кризис течения в двухфазном газокapельном потоке

Зотикова П.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Лепешинский И.А.

МАИ, Москва

Рассматривается диспергирование двухфазного потока газокapельной структуры при сверхзвуковом перепаде давления по газовой фазе. Исследования [1] показали, что в этом случае при диспергировании потока через отверстие форсунки не обеспечивается получение на выходе из форсунки давления, соответствующего числу Маха по газовой фазе скорости звука, то есть числу Маха равному единице, а значительно больше. Для воздуха сверхзвуковой перепад соответствует значению газодинамической функции давления меньше значения 0,528. Рассматриваемое явление связано с уменьшением скорости звука в двухфазном потоке [2]. Особенностью рассматриваемого случая является неравновесное течение фаз двухфазного потока по скорости и температуре. В качестве примера рассмотрим истечение двухфазного потока из струйной форсунки диаметром 2,9 мм с следующими параметрами потока перед выходом из форсунки: давление в форсунке равно 6,2 атм, температурой 288K, расходом газа 6,54 г/с и расходом жидкости 6,8 г/с. Водо-воздушный капельный поток истекал в атмосферу с давлением. Обработка результата эксперимента, в котором скорость жидкой фазы после выхода из форсунки измерялась лазерно- оптическим методом PIV [1], показала следующее: параметры потока на выходе существенно не израсходовали ту энергию, которой обладали на входе, а в значительной степени сохранили ее на выходе (в частности давление газа). В двухфазном потоке на выходе возникает кризис течения, то есть число Маха равновесной должно равняться единице, где средняя скорость потока определяется по уравнению количества движения, а скорость звука принимается для двухфазного потока. Число Маха среды рассчитывается с использованием понятия равновесной скорости звука [2, 3]. Проведя обработку экспериментальных данных, были сделаны выводы, что равновесная скорость звука не может служить для оценки кризиса течения в двухфазном неравновесном потоке. Необходимо знать величину скорости звука в неравновесном потоке. Этот вопрос рассматривается в работе [4].

Список используемых источников:

1. Лепешинский И.А Марчуков Е.Ю., Мухин А.Н., Кучеров Н.А., Решетников В.А. Экспериментальное исследование смесительного устройства форсажной камеры газотурбинного двигателя. Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. 2022. № 4. С. 3 – 10.

2. Г.Уоллис.Одномерные двухфазные течения. М.: МИР,1972. с. 440.

3. Ю.Н.Васильев. Теория двухфазного эжектора с цилиндрической камерой смешения. — В кн. Лопаточные машины и струйные аппараты, №5. М. : Машиностроение, 1971, с. 175 – 261.

4. И.А.Лепешинский. Теория критических режимов двухфазных неравновесных потоков. Харьков. 1976. Вопросы газотермодинамики энергоустановок. Выпуск 3. с. 21 – 30.

Подход к учёту расхода воздуха на охлаждение сопловых лопаток турбины на этапе концептуального проектирования и его апробация по результатам трёхмерного расчёта

Ильин И.М., Гатауллина Е.Д., Мельников С.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Зубанов В.М.

Самарский университет, Самара

На этапе предварительного термодинамического расчёта газотурбинного двигателя (ГТД) назначаются параметры работы основных узлов и систем двигателя, чтобы получить первоначальную общую оценку характеристик проектируемого ГТД. Важно, чтобы эти оценки были достаточно точными, чтобы предотвратить увеличение расхождений между проектными и полученными в ходе проверочных трёхмерных расчётов данных на дальнейших этапах проектирования.

Система, которой уделяется внимание в статье, и эффективность которой также оценивается на этапе предварительного проектирования, — это система охлаждения турбины. На этапе концептуального проектирования необходимо оценить потребный расход охлаждающего воздуха для обеспечения работоспособности проектируемой охлаждаемой турбины. В статье приведен подход для оценки потребного расхода охлаждающего воздуха относительно расхода через горло первого соплового аппарата турбины высокого давления (ТВД) двигателя на этапе предварительного проектирования турбины. Обобщены расчётные данные о тепловом состоянии сопловых аппаратов и рабочих лопаток высокотемпературных турбин имеющиеся на кафедре теории двигателей летательных аппаратов Самарского университета, выполнено их сопоставление со статистическими данными из учебников и статей. Для сопловых аппаратов первой ступени турбины высокого давления с расходом воздуха больше 10% относительно горла соплового аппарата предложена собственная зависимость для нахождения потребного расхода воздуха. Приведены результаты трёхмерного расчёта теплового состояния охлаждаемого соплового аппарата первой ступени турбины турбовинтового двигателя выполненные с учётом использования материала для аддитивного производства и подтверждающие корректность предложенного подхода для определения потребного расхода охлаждающего воздуха на этапе концептуального проектирования турбины.

Список используемых источников:

1. Определение потребного расхода воздуха на охлаждение турбин на этапе концептуального проектирования газотурбинного двигателя / Е. П. Филинов, В. С. Кузьмичев, А. Ю. Ткаченко, Я. А. Остапук // Вестник Московского авиационного института. — 2021. — Т. 28, № 1. — С. 61 – 73.
2. Иноземцев А.А., Нихамкин М.А., Сандрацкий В.Л. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок: В 5 т. — Т. 2. Компрессоры. Камера сгорания. Форсажные камеры. Турбины. Выходные устройства. — М.: Машиностроение, 2008 — 365 с.
3. Проектирование авиационных газотурбинных двигателей / Данильченко В. П., Ковылов Ю. Л., Постников А. М., Федорченко Д. Г., Цыбизов Ю. И., Лукачев С. В. — Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2008. — 620 с.: ил.
4. Копелев С.З. Охлаждаемые лопатки газовых турбин: Тепловой расчёт и профилирование. — М.: Наука, 1983. — 146 с.

Расчёт конвективных тепловых потоков в камере жидкостного ракетного двигателя по методикам В.М. Ивлева и Д.Р. Бартца

Кибанова А.А., Зверев Н.А.

Научный руководитель — к.т.н. Беляков В.А.

МАИ, Москва

Защита стенок камеры ЖРД от опасного перегрева — одна из самых важных и сложных проблем ракетной техники. Сложность проблемы защиты стенок современных камер ЖРД связана с тем, что пограничные слои имеют высокие температуры до 3500 – 4500 К, скорости движения 1000 – 1300 м/с и давление 15 МПа и выше.

Также в пограничном слое ЖРД протекают различные физико-химические процессы и при этом многие из них одновременно: химические реакции, процессы диссоциации-рекомбинации, испарение и разложение. Одни из них идут с выделением теплоты, другие — с поглощением, одни интенсифицируют процесс теплообмена, другие, наоборот, снижают тепловые потоки. Все эти явления значительно усложняют рассмотрение конвективного теплообмена в ЖРД [1].

Основные закономерности конвективного теплообмена в условиях ЖРД изучают на примере рассмотрения пограничного слоя (ПС) с однородным газом без химических реакций в нем, но с переменными физическими параметрами [1].

Для проектирования системы охлаждения, надежно обеспечивающей работу двигателя, необходимо знать каких значений достигают тепловые потоки в камере. На данный момент существует несколько подходов к оценке конвективных тепловых потоков. В данной работе рассматриваются методики В.М. Иевлева и Д.Р. Бартца.

Для определения коэффициента теплоотдачи от продуктов сгорания в стенку ЖРД необходимо совместно решать уравнение энергии и уравнение сохранения количества движения. После интегрирования по толщине теплового и динамического пограничных слоев соответственно с учетом граничных условий и уравнения неразрывности они приводятся к системе 2-х уравнений с 5-ю неизвестными [2].

Эту проблему Иевлев и Бартц решили введением дополнительных связей (уравнений), отличающихся в каждом из методов. Эти различные подходы определяют особенности каждой из методик. Одним из отличий методики Иевлева от Бартца является частичная компенсация пренебрежения процессами диссоциации-рекомбинации в ПС [1]. Также необходимо отметить, что по методике Бартца вводится допущение, при котором трение и тепловые потоки имеют зависимости от местных условий, справедливые для плоской пластины, поэтому могут быть применимы только для плавных контуров сопла [3].

В данной работе был проведен сравнительный анализ на основании расчетного исследования конвективных тепловых потоков в камере ЖРД и охлаждения внутренней стенки камеры сгорания и сопла.

Приняты следующие основные исходные данные для расчета:

- Компоненты топлива: керосин и жидкий кислород;
- Коэффициент избытка окислителя в пристеночном слое $\alpha = 0,1$;
- Температура торможения пристеночного слоя в камере сгорания $T_{0г} = 1230$ К;
- Газовая постоянная в пристеночном слое $R = 604$ Дж/кг*К;
- Показатель адиабаты пристеночного слоя $k = 1,12$;
- Число Прандтля $Pr = 0,75$ для методики Иевлева; $Pr = 0,48$ для методики Бартца [3];
- Теплоемкость пристеночного слоя вычисляется для методики Иевлева в каждом расчетном сечении; заторможенная теплоёмкость для методики Бартца $Cp0 = 3074$ Дж/кг*К;
- Динамическая вязкость продуктов сгорания $\mu = 0,0000373$ Па*с;
- Температура стенки, принятая для расчета в первом приближении: $T_w = 800$ К для материала БрХ08 и $T_w = 1000$ К для 12Х18Н10Т;
- Толщина внутренней стенки $\delta_{ст} = 1$ мм;
- Толщина ребер охлаждающих каналов $\delta_r = 1$ мм.

Были получены графики изменения конвективных тепловых потоков вдоль контура камеры по методикам В.М. Иевлева и Д.Р. Бартца. Также проведен расчет регенеративного противоточного охлаждения горючим (керосин) с применением пристеночных форсунок.

На основе анализа полученных данных были сделаны следующие выводы:

1. Методики В.М. Иевлева и Д.Р. Бартца дают одинаковый вид распределения конвективных тепловых потоков вдоль профиля: в области цилиндрической части камеры величина составляет порядка 11 МВт/м², наибольшие значения достигаются в области критического сечения — до 24 МВт/м², резко снижаются после него и составляют 1 МВт/м² на срезе сопла.

2. Разница значений конвективных тепловых потоков по методикам Иевлева и Бартца не превышает 10%: до критического сечения значения по методике Иевлева больше, после критики, наоборот, ниже.

3. Значения тепловых потоков, рассчитанных по методике Иевлева в докритической части сопла выше, чем по методике Бартца ввиду учета переменной теплоемкости и задания постоянной температуры ПС, в то время как по методике Бартца данный параметр вычисляется в каждом расчетном сечении.

4. Поскольку метод Бартца хорошо описывает плавную геометрию, а в закритической части диаметр сопла быстро увеличивается, а также, так как в методе используются коэффициенты для двигателя с определёнными геометрическими параметрами, в частности для малой степени расширения сопла, то значения тепловых потоков в закритической части по методу Бартца выше, чем по методу Иевлева.

5. Результаты расчета охлаждения соответствуют распределению тепловых потоков. Температура стенки со стороны газа достигает 1030 К для значений методики Иевлева и 960 К для методики Бартца.

Список используемых источников:

1. Основы теории и расчета жидкостных ракетных двигателей. В 2 кн. Кн. 2. Учебн. для авиац. спец. вузов/А.П. Васильев, В.М. Кудрявцев, В.А. Кузнецов и др.; Под ред. В.М. Кудрявцева. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1993.

2. Салахутдинов Г.М. Развитие методов теплозащиты жидкостных ракетных двигателей. М. Наука; 1984.

3. D. R. Bartz, Turbulent Boundary-Layer Heat Transfer from Rapidly Accelerating Flow of Rocket Combustion Gases and of Heated Air, 1963.

Экспериментальное исследование истечения пелены охладителя из отверстий различной геометрической формы

Колесова А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Веретенников С.В.

РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

Пленочное охлаждение, в настоящий момент, активно используется для охлаждения наиболее теплонапряженных деталей двигателей, сопловых и рабочих лопаток турбины. При пленочном охлаждении холодный воздух вдувается в высокотемпературный поток через проницаемые участки поверхности (отверстия), позволяя охладить не только область подвода охладителя, но и поверхность, расположенную за ней. Данный способ охлаждения был разработан в 1960-тых годах. С тех пор было разработано большое количество различных форм отверстий для вдува газовой завесы: цилиндрические, веерные [1], laidback, антивихревые и другие. Однако в настоящий момент в отечественной практике как правило используются только отверстия цилиндрической формы, зарубежом используются так же отверстия веерной формы и формы laidback.

Экспериментальные исследования пленочного охлаждения в основном направлены на определение теплового состояния объекта исследования (определения адиабатной эффективности охлаждения и коэффициента теплоотдачи) [2, 3]. Однако, численные исследования показывают, что за местом вдува газовой завесы образуется большое количество вихревых структур, которые оказывают негативное влияние на устойчивость пелены охладителя и как следствие на ее эффективность. В связи с чем, выполнение экспериментальных исследований по визуализации структуры формирования и течения струи охладителя является необходимым.

В данной работе, исследовалось истечение пелены охладителя в плоском канале из одиночного отверстия цилиндрической формы и веерной формы с длиной расширяющегося участка 1 калибр, при изменении параметра вдува m от 0,5 до 1,5, методом цифровой трассерной визуализации (PIV). Экспериментальное исследование выполнялось в несколько этапов. На первом этапе исследовалось истечение в продольном направлении вдоль

центральной линии, получено, что при $m > 1$ происходит отрыв защитной пелены от поверхности формируемой отверстием цилиндрической формы, за отверстием веерной формы отрыва защитной пелены от поверхности не происходило. На втором этапе исследовалось истечение в поперечном направлении на удалении 1 калибра от места вдува. За обоими формами отверстий наблюдалось формирование крупных почкообразных вихрей и происходило подмешивание основного потока к защищаемой поверхности на всех исследуемых режимах. С увеличением параметра вдува от 0,5 до 1,5 наблюдалась глубокое проникновения струи охладителя в ядро основного потока.

Список используемых источников:

1. Schmidt, D.L. Film Cooling with Compound Angle Holes: Adiabatic Effectiveness/ Schmidt, D.L. Sen, B., Bogard, D.G.// Journal of Turbomachinery, 1996,118(4), 807-813.
2. C. Liu, L. Ye, H. Zhu, and J. Luo, "Investigation on the effects of rib orientation angle on the film cooling with ribbed cross-flow coolant channel," International Journal of Heat and Mass Transfer, vol. 115, pp. 379–394, Dec. 2017.
3. B. Zhang, H. Zhu, C. Yao, C. Liu, and L. Zhang, "Experimental study on film cooling and heat transfer characteristics of a twisted vane with staggered counter-inclined film-hole and laid-back-shaped-hole," International Journal of Heat and Mass Transfer, vol. 176, p. 121377, Sep. 2021.

Исследование теплообмена при охлаждении высокотемпературных цилиндрических тел в недогретых жидкостях

Краснов Н.А., Дебердеев Д.Д., Грузинцева У.А.

Научный руководитель — к.т.н. Молотова И.А.

НИУ «МЭИ», Москва

Охлаждение горячих тел в жидкостях наблюдается в различных технологических процессах, в частности, в атомной энергетике при возникновении аварийных ситуаций на АЭС. Так, в случае аварии с потерей теплоносителя (LOCA) необходимо как можно быстрее охладить разогретые до высоких температур тепловыделяющие элементы (ТВЭЛы). При этом требуется изучение характеристик теплообмена при охлаждении высокотемпературных ТВЭЛов с различными металлическими оболочками.

В данной работе представлены результаты численного моделирования в программе «Ansys Fluent», в которой решалась обратная задача теплопроводности в двумерной осесимметричной постановке. В результате расчетов получены коэффициенты теплоотдачи и отводимые тепловые потоки при охлаждении цилиндров в различных недогретых жидкостях. Условия на поверхности образца восстанавливались с использованием экспериментальных данных, полученных при охлаждении высокотемпературных цилиндров длиной 50 мм и диаметром 10 мм [1]. Экспериментальные данные получены на кафедре Инженерной теплофизики НИУ «МЭИ» на установке по изучению нестационарных процессов кипения при охлаждении высокотемпературных тел. Эксперименты проводятся в широком диапазоне режимных параметров (давление от 0,02 до 0,5 МПа, температура охлаждающей жидкости от 0 до 130 К).

Также в программе «ANSYS Fluent» получены распределения температур в различные моменты времени в никелевом образце при его охлаждении в недогретой воде. Результаты численного расчета показывают, что при охлаждении в воде с большим недогревом от охлаждаемой поверхности отводятся огромные тепловые потоки (q достигают 4,5 – 4,7 МВт/м²). Поле температур в образце в момент интенсивного отвода тепла сильно неравномерное.

Список используемых источников:

1. Zabirow A. R., Yagov V. V., Kalita V. I., Radyuk A. A., Molotova I. A., Belyaev I. A. Heat transfer under quenching of cylindrical bodies in subcooled liquids //Nucl. Eng. Des. — 2021. — Т. 383. — С. 111380.

Определение поверхности прихода гранулированного пиротехнического состава

Кураков Р.А., Ласкин В.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Никитин В.А.

ТулГУ, Тула

Гранулированный пиротехнический состав может использоваться в стартовых двигательных установках (ДУ) переносных комплексов для обеспечения «мягкого старта» с целью уменьшения негативных воздействий на окружающую обстановку, прежде всего на оператора комплекса. Однако расчёт выходных параметров ДУ осложняется существенной неоднородностью размеров зёрен гранулированного состава, обусловленных технологией производства, что затрудняет определение расчётной поверхности прихода газа для таких составов.

Поэтому проведены экспериментальные исследования с целью определения истинной поверхности горения и сопоставления, после соответствующей обработки полученных значений, с теоретическими расчётами по ранее широко используемой методике. Исследовалось 5 вариантов гранулированных составов, отличающихся технологий производства, которые характеризовались существенным распределением зёрен по фракциям. В экспериментальной части путём просивания состава через сита с ячейками определённого размера установлено распределение зёрен по фракциям. В расчётной части определена поверхность указанных

гранулированных составов с учётом распределения зёрен по фракциям и без учёта, то есть при принятии допущения о едином диаметре зёрен, равном среднему. Расчёты показали, что не учёт распределения зёрен по фракциям приводит к ошибке в определении поверхности прихода, составляющей, для исследуемых составов, от 3,4 до 33,1%. Это не допустимо, особенно в последнем случае.

Таким образом, при определении поверхности прихода гранулированных составов обязательно необходимо учитывать распределение зёрен по фракциям, однако для каждого нового состава должно быть экспериментально установлено указанное распределение. В случае «калибрования» состава и жёсткого отбора только одной фракции из всего произведённого состава, в расчётах возможно принятие одного среднего диаметра зерна для всего состава. В процессе исследований калибрование выполнялось для одного из вариантов состава, и ошибка в определении поверхности прихода составила всего лишь 3,4 %.

Исследование работы импульсного плазменного двигателя с газообразным рабочим телом

Муратаева Д.А., Гордеев С.В.

Научный руководитель — к.т.н. Дьяконов Г.А.

МАИ, Москва

На современном этапе развития при конструировании различных космических аппаратов прибегают к использованию систем ориентации и стабилизации маховичного типа. Несмотря на достоинства, системы на базе маховиков имеют существенный недостаток — необходимость в периодической разгрузке. Для решения данной задачи используют реактивные двигатели малой тяги: на холодном газе, электротермические или термокаталитические [1]. Такие двигатели имеют относительно низкий удельный импульс, который можно было бы увеличить, уменьшив силу тяги, что также приведет к увеличению времени работы двигателя, но позволит уменьшить требуемый запас рабочего тела.

В докладе описываются результаты исследования работы лабораторного образца импульсного плазменного двигателя с газообразным рабочим телом. Благодаря импульсной работе, малым расходам рабочего тела за единичный импульс и относительно высокой температуре рабочего тела в момент разряда, исследуемый двигатель может иметь больший удельный импульс, чем у небольших химических двигателей.

Импульсный плазменный двигатель с газообразным рабочим телом работает в схожем диапазоне характеристик, что и более известный абляционный импульсный плазменный двигатель. Несмотря на более сложную конструкцию, предлагаемый двигатель имеет ряд преимуществ:

- 1) удобство управления и регулировки;
- 2) относительно низкая масса и меньший объем конденсаторов накопления энергии за счет меньшего тока и большей длительности разряда;
- 3) большой потенциал для унификации, так как объем бака рабочего тела может быть изменен вне зависимости от двигательной части установки;
- 4) возможность адаптации к отработанным системам хранения и подачи рабочего тела с различными объемами бака [2];
- 5) возможность использования различных рабочих тел.

Импульсный плазменный двигатель с газообразным рабочим телом наравне с абляционным импульсным плазменным двигателем был изобретен и начинал исследоваться в 1960-х годах [3]. На тот момент уровень развития техники не позволял обеспечить сложную реализацию быстродействующего импульсного газового клапана, который смог бы обеспечить низкий расход рабочего тела, и исследования прекратились.

На сегодняшний день в НИИ ПМЭ МАИ получены значительные результаты в области создания такого быстродействующего клапана для подачи рабочего тела. Данный клапан может обеспечить достаточно эффективную работу двигателя [4]. Разработан лабораторный образец двигателя, состоящий из высокоскоростного газового клапана, блока накопителя энергии, разрядного канала и блока иницирования разряда. В качестве рабочего тела в таком двигателе может быть использовано любое газообразное или легко испаряющееся вещество [2].

Исследование работы лабораторного образца импульсного плазменного двигателя с газообразным рабочим телом проводилось с применением криптона в качестве рабочего тела. В ходе испытаний было измерено время срабатывания высокоскоростного импульсного газового клапана для подачи рабочего тела при различных режимах его работы.

Список используемых источников:

1. Friedhoff, P., K. Anflo, M. Persson, and P. Thormahlen. "Growing Constellation of Ammonium Dinitramide (ADN) Based High Performance Green Propulsion (HPGP) Systems." AIAA-2018-4754. AIAA Propulsion and Energy Forum, Cincinnati, OH, July 9–11, 2018.
2. Гордеев С.В., Дьяконов Г.А., Муратаева Д.А. Исследование характеристик импульсного плазменного двигателя с газообразным рабочим телом. // Разработка, производство, испытания и эксплуатация космических аппаратов и систем: тез. докл. науч.-техн. конф. молодых специалистов (Железногорск, 9–10 окт. 2023 г.) / АО «РЕШЕТНЁВ». Железногорск, 2023. 228 с.
3. А.А. Калмыков, Л.В. Лесков, М.И. Пергамент. Импульсные плазменные ускорители // В сб.: Плазменные ускорители. М., «Машиностроение», с. 183–195, 1972
4. N. Antropov, G. Diakonov, O. Lapayev, G. Popov. Laboratory Investigation of Pulsed Plasma Thrusters with Gas Valves. Micropropulsion for Small Spacecraft, V.187, Ch.15.

Моделирование водородной системы хранения энергии

Оприсичев А.А., Ушаков П.В., Семенова Е.А.

Научный руководитель — Молотов И.М.

НИУ «МЭИ», Москва

Согласно стратегии научно-технологического развития Российской Федерации от 28 февраля 2024 года, приоритетными направлениями являются, в том числе, переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, а также формирование новых источников энергии и способов хранения. В этой связи перспективным проектом в области распределенной генерации является энергосистема с первичной солнечно-ветровой генерацией с водородным накопителем энергии.

В рамках работ по имитационному моделированию указанного выше проекта [1, 2] в докладе представлена модель водородного аккумулирующего цикла с хранением водорода

в сжатом газообразном состоянии. Состав оборудования водородного аккумулирования охватывает: электролизер, ресивер, водородный компрессор, стандартные газовые баллоны, водородно-воздушный топливный элемент.

Модель реализована с использованием отечественной платформы Simintech, предназначенной для разработки математических моделей, алгоритмов управления и пользовательских интерфейсов. Модель водородного цикла выполнена с использованием библиотеки функциональных блоков «Теплогидравлика (HS)».

Входными и выходными параметрами подсистем являются паспортные технические характеристики на оборудование. Моделирование осуществляется при номинальных режимах работы электролизера, водородного компрессора и топливного элемента. Внешним воздействием по отношению к водородной системе хранения является температура окружающего воздуха.

В рамках доклада не рассматриваются динамические процессы, связанные с электрохимическими процессами в электролизере и топливном элементе. В результатах приведены графики давлений и температуры водорода в хранилище водорода — баллонах, потребление и выработка электроэнергии, а также КПД водородного аккумулирующего цикла.

Список используемых источников:

1. Молотов И.М., Счастливцев А.И., Дуников Д.О., Масленникова М.Р., Мезин С.В., Проталинский О.М. Управление в целях обеспечения балансовой надежности электроснабжения на основе солнечной генерации с водородным аккумулированием энергии // Вестник МЭИ. 2023. № 5. С. 169–181. DOI: 10.24160/1993-6982-2023-5-169-181.

2. Molotov I. et al. Static Model of the Control System for Balancing the Power of Solar-Wind Generation with Hydrogen Energy Storage in Order to Ensure Reliable Stand-Alone Power Supply // 2023 7th International Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT). — IEEE, 2023. — С. 1–6.

Повышение термодинамического совершенства малоразмерных газотурбинных двигателей

Пелевин В.С., Алексенцев А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Филинов Е.П.

Самарский университет, Самара

С развитием беспилотных авиационных систем (БАС) и высокопроизводительных комплексов на их основе, расширяется и область применения беспилотных летательных аппаратов, что влечет за собой повышение требований к их эффективности и эксплуатационным характеристикам.

Для беспилотного летательного аппарата приоритетным является показатель коммерческой нагрузки, а потому, повышение удельной эффективности применяемой силовой установки является одной из ключевых задач при проектировании. Решают подобные проблемы комплексным подходом, путем оптимизации работы всех узлов и агрегатов конструкции.

Ввиду особенностей малоразмерных газотурбинных двигателей, касающихся отсутствия полноценных агрегатов смазки, увеличенной относительной доли вспомогательных систем и ординарности конструктивно силовых и компоновочных схем, возможности модернизации и совершенствования миниатюрных силовых установок значительно ограничены и поскольку, технологии создания авиационных двигателей находятся на вершине технологического совершенства, весовое повышение эффективности или сопряжено с нерешенными задачами машиностроения или с внедрением дорогостоящих материалов и технологий, делающих выпускаемые двигатели неприменимым в условиях массового выпуска и, как следствие, нецелесообразным в проектировании.

Логичным решением является совершенствование или модернизация термодинамических процессов, происходящих в двигателе. В данной работе рассматривались варианты и

целесообразность применения комбинированных и нестандартных термодинамических циклов в малоразмерных газотурбинных двигателях. Для достижения поставленных целей были определены существующие и разрабатываемые направления модернизации, а также составлены математические модели в САЕ-системе АСТРА. Проведен анализ существующих малоразмерных газотурбинных двигателей, по результатам которого составлены регрессионные модели.

В результате работы создана модель расчета малоразмерного газотурбинного двигателя с модифицированным термодинамическим циклом для оценки эффективности проектируемой силовой установки на этапах концептуального проектирования.

Работа выполнена по проекту FSSS-2022-0019, реализуемого в рамках федерального проекта «Развитие человеческого капитала в интересах регионов, отраслей и сектора исследований и разработок».

Список используемых источников:

1. Кузьмичев В.С., Крупенич И.Н., Рыбаков В. Н. и др. Формирование виртуальной модели рабочего процесса газотурбинного двигателя в САЕ системе «АСТРА» // Труды МАИ. — 2013. — № 67. — С. 15

2. Малоразмерный ГТД для лёгкого беспилотного летательного аппарата / В. А. Сыченков, А. С. Лиманский, В. В. Анкудимов и др. // Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации: Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции, г. Иркутск, 19 октября 2018 г. — Иркутск, 2018. — С. 89 – 95.

Разработка инженерной математической модели для оценки влияния дополнительного стационарного магнитного поля на ионные двигатели

Песков В.А.

Научный руководитель — к.т.н. Канев С.В.

МАИ, Москва

Востребованность и актуальность исследований, направленных на поиск новых способов улучшения характеристик электроракетных двигателей, обусловлены необходимостью как совершенствования уже существующих двигательных установок (ДУ) космических аппаратов (КА), так и созданием новых двигательных установок, без которых невозможно развитие космической техники в целом. Одними из наиболее перспективных в части возможности повышения эффективности работы являются ионные двигатели (ИД).

Существуют различные подходы к решению вопроса улучшения характеристик ионных двигателей. Существующие исследования показывают, что большой практический интерес представляет возможность интеграции в конструкцию двигателей систем, обеспечивающих создание дополнительного стационарного магнитного поля с целью улучшения выходных параметров электроракетных двигателей [1,2]. Объектами современных исследований являются модели высокочастотных ионных двигателей (ВЧИД), оснащенные различными конфигурациями дополнительных магнитных систем (МС). Несмотря на то, что конструкция классических ионных двигателей отличается от конструкции ВЧИД, механизмы ускорения в этих двигателях схожи, в связи с чем существует предположение, что оснащение ИД подобными магнитными системами качественным образом скажется на их характеристиках.

Целью данной работы является разработка инженерной математической модели, позволяющей произвести оценку влияния дополнительной магнитной системы на плазму ионного двигателя. Ее необходимость обусловлена целесообразностью разработки инструмента, обеспечивающего предварительное математическое определение наиболее оптимальной конфигурации МС и для определения степени соответствия расчетов с данными, полученными в ходе проведения экспериментов, что даст возможность снизить их количество и благоприятно отразится на временных затратах в целом.

Начальным этапом разработки инженерной математической модели является расчет распределения магнитного поля в исследуемой конфигурации дополнительной магнитной системы в случае, когда магнитное поле направлено вдоль оси двигателя. Следующим этапом

проведения данной работы было определение зависимости параметров плазмы ионного двигателя от характеристик дополнительного источника магнитного поля с учетом системы уравнений движения электронов, представленных в работе [1], и ряда других аналитических выражений.

В работе приводятся теоретические данные, соответствующие пространственному распределению индукции магнитного поля системы, конструкцией которой представляет собой кольцевой магнитопровод из магнитопроводящей стали с обмоткой из жаростойкого провода, а также влияния силы тока в обмотке на величину извлекаемого тока ионного пучка.

Проведение расчета производилось на базе программного пакета COMSOL Multiphysics в стандартном модуле Magnetic Fields методом конечных элементов. В процессе моделирования использовалась осесимметричная постановка задачи, которая содержала в себе следующие этапы:

1. Геометрическое построение исследуемой конструкции (ионный двигатель с дополнительной магнитной системой);
2. Определение необходимых параметров конструкции, граничных условий и соотношений;
3. Построение сетки конечных элементов и уточнение ее размеров для расчетных областей;
4. Расчет пространственного распределения индукции магнитного поля дополнительной магнитной системы;
5. Расчет параметров плазмы в разрядной камере;
6. Расчет влияния магнитного поля на индуцированные высокочастотные электронные токи в плазме.

Данная модель является упрощенной и содержит в себе перечень допущений, одним из которых является примитивная геометрия двигателя без учета свойств его материала. В дальнейшем предполагается совершенствование модели и ее уточнение для повышения достоверности расчетных данных, касающихся влияния дополнительной магнитной системы на плазму ионного двигателя (распределения концентрации электронов в разрядной камере при различных токах в обмотке).

Список используемых источников:

1. Kanev S.A., Melnikov A.V., Nazarenko I.P., Khartov S.A. Mathematical model of radio-frequency ion thruster with an additional magnetostatic field // 18th International Conference "Aviation and Cosmonautics" (AviaSpace-2019), 2020., doi:10.1088/1757-899X/868/1/012010;
2. Мельников А.В. Высокочастотный ионный двигатель с дополнительным постоянным магнитным полем: дис., кан. тех. наук. — М.: 2019 — 157 С.

Проектирование ракетных двигателей твёрдого топлива с выбором оптимальных значений рабочих параметров

Пещерова А.А.

Научный руководитель — к.т.н. Тимаров А.Г.

МАИ, Москва

Для определения наиболее эффективных направлений модернизации ракетных двигателей твердого топлива (РДТТ) требуется обеспечивать минимальное время проведения расчетно-аналитических работ при решении частных задач. Для выбора оптимального значения одного или нескольких параметров целесообразно использовать простой критерий эффективности абсолютного приращения, например, массы с такими характеристиками изделия, которые позволяют оценить его техническое совершенство.

В рамках решения поставленной задачи спроектирован опорный вариант маршевого РДТТ на базе известной математической модели. Последующий анализ влияния основных характеристик двигательной установки (ДУ) на ее проектные параметры позволяет с использованием метода частных производных установить вклад изменения таких характеристик, как удельный импульс тяги, массовый расход топлива, масса конструкции и

т.п., на изменение энергомассового совершенства РДТТ в целом за минимальное расчетное время. Данная методика по оптимизации и проектированию ракетных двигателей твердого топлива демонстрирует переход от базового облика двигателя к оптимальному, через основные его характеристики, а также применим при замене одного двигателя на другой с разными параметрами. Методика представляет из себя совокупность быстродействующих математических моделей, которые взаимосвязаны между собой «разнофизическими» параметрами двигателя.

Таким образом, исследование направлено на создание концептуального облика РДТТ с оптимальными значениями рабочих параметров, определяемых методом частных производных, ускоряющий процесс расчетов.

Список используемых источников:

1. Газодинамические и теплофизические процессы в ракетных двигателях твердого топлива = Gasodynamic and thermophysical processes in solid rocket propulsion / [А. М. Губертов и др.]; Под ред. А.С. Коротева. — Москва : Машиностроение, 2004. — 511 с. : ил., табл.; 22 см.; ISBN 5-217-03175-1 : 500
2. Применение платформы pSeven для обоснования рабочих параметров изделий ракетно-космической техники / Лаптев И.В. // Конференция пользователей DATADVANCE 2023. — 2023
3. Волков В.Т., Ягодников Д.А. Исследование и стендовая отработка ракетных двигателей на твердом топливе.- М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2007.- 296 с.
4. Шишков А.А., Панин С.Д., Румянцев Б.В. Рабочие процессы в ракетных двигателях твердого топлива: Справочник. М.: Машиностроение, 1988 — 240 с.

Исследование влияния входной неравномерности потока на аэродинамические характеристики плоской сопловой решётки

Покидько А.М., Давыдов А.А.

Научный руководитель — к.т.н. Ковалева Н.Н.
РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

Течение в межлопаточном канале соплового аппарата первой ступени турбины сопровождается наличием интенсивных вторичных течений. При этом вторичные вихри, образовавшиеся на противоположных торцевых поверхностях, могут взаимодействовать между собой, что приводит к резкому росту потерь. При проектировании двигателя этого аэродинамического эффекта следует по возможности избегать. Наряду с этим, камера сгорания формирует неравномерное поле параметров на входе в сопловый аппарат.

Известные методы расчета высоты лопатки, при которой реализуется смыкание вторичных течений в межлопаточном канале соплового аппарата, не учитывают поле параметров потока на входе. При этом эпюра полного давления на входе может иметь значительную неравномерность по высоте.

Для ответа на вопрос о влиянии характера эпюры полного давления на потери и угол выхода потока из соплового аппарата было проведено численное и экспериментальное исследование решетки соплового аппарата с профилем, характерным для одноступенчатой турбины высокого давления современного ТРДД. Задача рассматривалась в плоской постановке. Для анализа характеристик решеток различной размерности, высота проточной части решетки изменялась в пределах от 30 мм до 160 мм. Численное моделирование выполнено при использовании универсального вычислительного комплекса газовой динамики ANSYS 20 R2. Для валидации расчетной модели были проведены экспериментальные продувки решеток на низконапорном стенде. Исследовалось пять вариантов распределения полного давления на входе в решетку.

Результаты исследования показали, что при наличии неравномерной эпюры полного давления по входу в сопловую решетку эффект смыкания вторичных течений проявляется при большей размерности решетки. Таким образом, при определении аэродинамических характеристик сопловых аппаратов первой ступени турбины учет поля полного давления на входе является обязательным.

Программный комплекс оценки термодинамических и силовых параметров малоразмерных поршневых двигателей внутреннего сгорания

Полетаев А.О., Родин В.Д., Гритчин Д.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ежов А.Д.

МАИ, Москва

В связи с быстрым развитием малогабаритных летательных аппаратов, таких как беспилотные летательные аппараты, разработка компактных ДВС и электродвигателей стала особенно актуальной. В этой связи возникает потребность в испытательных стендах для таких двигателей. Стенды должны быть простыми в обслуживании, надежными и обеспечивать измерение всех необходимых параметров двигателя. Разработанный авторами стенд включает следующий перечень определяемых параметров двигателя внутреннего сгорания для беспилотных летательных аппаратов [1]:

1. Давление воздуха на входе в карбюратор
2. Давление отработавших газов в выпускном патрубке
3. Давление сжатия
4. Максимальное давление сгорания
5. Среднее индикаторное давление
6. Атмосферное давление
7. Температура окружающей среды
8. Температура воздуха на входе в карбюратор
9. Температура отработавших газов в выпускном патрубке
10. Крутящий момент
11. Мощность двигателя.

Ввиду большого количества определяемых параметров, а также необходимости расчёта ряда этих параметров, был разработан программный комплекс в среде LabView с целью автоматизации сбора данных, а также выполнения необходимых расчётов [2].

Данный комплекс получает от платы контроля показания с датчиков, установленных на стенде, затем в автоматическом режиме рассчитывает термодинамические параметры, снятие которых с датчиков является затруднительным, а также ряд механических параметров. Далее измеренные значения параметров в реальном времени представляются в виде графиков, показывающих изменение параметров в зависимости от времени, а также в форме мгновенных значений. Алгоритм расчёта, используемый при разработке программного комплекса был взят из работы [3].

На данный момент в программный комплекс входит термодинамический расчёт параметров для цикла ДВС, теоретическая индикаторная диаграмма которого состоит из двух политроп и двух изохор, однако предусмотрена возможность включения в программный комплекс алгоритмов расчёта двигателей, работающих по другим циклам.

Список используемых источников:

1. ГОСТ 10448-2014 «Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Приемка. Методы испытаний»
2. Л.В. Быков, А.Д. Ежов. Информационные технологии в экспериментальных тепловых исследованиях: учебное пособие к лабораторным работам. — М: Университетская книга, 2016. — 136 с., ил. ISBN 978-5-98699-175-7
3. В. К. Кошкин, Н. А. Лапушкин. Расчёт быстроходных двигателей Внутреннего сгорания. Под редакцией проф. — докт. техн. наук. В. К. Кошкина. 1952

Расчет контактного термического сопротивления в области низких температур на примере титановых контактных пар

Пронькина И.В., Талалаева П.И., Кожемяко А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Меснянкин С.Ю.

МАИ, Москва

При создании современных летательных аппаратов и энергетических установок космического назначения приходится решать комплекс задач, направленных на повышение их эффективности. С развитием техники неуклонно растет тепловая нагрузка на конструктивные узлы изделий, что приводит к необходимости охлаждения или даже криогенизации теплонапряженных узлов. Часто охлаждение поверхностей осуществляется через соединения, имеющие механический контакт, что вызывает потери температурного напора в местах неидеального соединения контактирующих поверхностей.

Для корректного теплового расчета необходимо учитывать величину контактного термического сопротивления, что обусловлена дискретностью контакта, вследствие этого, стягиванием и удлинением линий теплового потока к контактными пятнам.

В области высоких температур данные процессы изучены довольно неплохо, в области криогенных температур исследований, направленных на влияние контактного термического сопротивления на проходимость тепловых потоков, гораздо меньше.

К отличительным признакам теплового контактирования металлических поверхностей в области низких температур отнесены: упрочение материала, аномальное поведение коэффициентов линейного расширения, вклад фононов и электронов в теплопроводность. В работе анализируется вклад каждой составляющей в суммарную тепловую проводимость на примере контактной пары титан-титан Ti-6Al-4V- Ti-6Al-4V, выполнено сопоставление с известными аналитическими зависимостями.

Задача решалась в объемном виде, а именно получена картина микронеровностей внешнего слоя образца, базируемая на алгоритме трехмерного моделирования шероховатости поверхности в программном комплексе конечно-элементарных расчетов ANSYS.

На основании сравнительного анализа, полученных данных при расчетах и путем программного исследования, можно сделать следующие выводы: результаты программного моделирования показывают удовлетворительную корреляцию с экспериментальными данными, а эмпирические формулы могут быть использованы для приблизительной оценки.

Список используемых источников:

1. Меснянкин С.Ю., Ежов А.Д., Басов А.А. «Определение контактного термического сопротивления на базе трехмерного моделирования соприкасающихся поверхностей». Известия РАН. Энергетика. 2014

2. Меснянкин С.Ю., Диков А.В. «Расчет термического сопротивления контакта элементов энергетических установок с волнистыми поверхностями». «Труды МАИ». Выпуск № 81, 2015

3. Reji Joseph, N. Asok Kumar, S. Sunil Kumar. «Effect of interstitial compounds in controlling thermal contact conductance across pressed joints at cryogenic temperature and low contact pressure». Applied Thermal Engineering., 2021

4. Ежов А.Д. «Численное решение задачи контактного взаимодействия шероховатых поверхностей энергетических установок». «Вестник Московского авиационного института». Т.23. №1., 2016

Тепловое состояние блока цилиндра двигателя внутреннего сгорания изготовленного по аддитивной технологии

Родин В.Д., Шилов М.С., Котович И.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ежов А.Д.

МАИ, Москва

При разработке и эксплуатации энергетических установок немаловажным фактором является обеспечение требуемого теплового состояния и режима эксплуатации. В частности, при перегреве поршневых двигателей внутреннего сгорания или несоответствии теплового

режима поршневой группы ухудшаются его характеристики и возникает критическая неисправность, которая влечёт за собой выход из строя. Для предотвращения подобного рода явлений необходима подробная проработка теплового и напряженно-деформированного состояния каждого элемента поршневой группы, с учетом явлений, происходящих на микроуровне.

Тепловое состояние в основном регулируется двумя способами: жидкостным или воздушным охлаждением. Жидкостное охлаждение требует отдельной системы прокачки охлаждающей жидкости через теплообменный аппарат, для отвода тепловой мощности в окружающую среду. Воздушное охлаждение требует обеспечения воздушного потока направляемую на рубашку охлаждения.

Современное развитие аддитивных технологий позволяют создавать уникальные формы компонентов поршневого двигателя, обладающие высокими прочностными характеристиками и малой массой. С другой стороны, появляется ряд особенностей, которые необходимо учитывать при проектировании теплонапряженных узлов энергоустановок, например, анизотропия механических и тепловых свойств, наличие термобарьерных покрытий и резко отличающимися механическими свойствами и т.д.

В работе представлены результаты численного моделирования теплового и напряженно-деформированного состояния реальной конструкции поршневой группы двухтактного двигателя внутреннего сгорания, и предполагаемой конструкции, изготовленной по аддитивной технологии с формой радиаторных ребер на основе поверхности Шварца, с учетом анизотропии теплофизических свойств.

Список используемых источников:

1. Колганов К.А., Микрюков И.В., Марков А.С. Разработка технологии изготовления деталей/компонентов двигателя внутреннего сгорания с применением аддитивных методов производства // Экономика и производство энергетической отрасли. Том 2, Выпуск 3, 2019
2. Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н. Аддитивные технологии в машиностроении // Издательство политехнического университета. Санкт-Петербург. 2013

Определение баланса энергии в шнековом колесе с учётом обратных токов

Ромашко Р.В.

Научный руководитель — д.т.н. Тимушев С.Ф.

МАИ, Москва

Работа шнекового колеса сопровождается интенсивными обратными токами, особенно на малых подачах, поэтому при проектировании осевых (шнековых) насосов необходимо знать начало появления обратных токов как на входе, так и на выходе, и их влияние на энергетические характеристики. Современное состояние вопроса не позволяет определить баланс энергии в осевых колесах.

Для определения баланса энергии в шнековом колесе, авторами исследования, были предложены две методики:

- Модифицированная методика Руднева С.С. по определению баланса энергии в шнековом колесе;
- Методика обработки результатов компьютерного численного моделирования в ПО ANSYS CFX с разделением потоков на активный, возвратный и обратные токи как на входе, так и на выходе.

Объектом исследования является шнековое колесо с осевым подводом и отводом рабочего тела. Основные параметры шнекового колеса насоса: густота на среднем диаметре $\tau = 2$, количество лопаток $z = 2$, постоянный шаг лопастей $S_{вх} = 40$ мм, шаг угла клина входной кромки $S_{кл} = 30$ мм, толщина лопасти $\delta_l = 1,5$ мм, толщина входной кромки $\delta_{вх} = 0,2$ мм, коэффициент диаметра шнека $KDш = 5,5$, относительный диаметр втулки $d_{вт_отн} = 0,48$, коэффициент быстроходности $ns = 550$.

В работе проведено сравнение характеристик по параметру теоретического напора с методиками других авторов и показано хорошее качественное совпадение результатов. В ходе исследования было выполнено разделение потоков на активный, возвратный и обратные токи,

что позволило вычислить мощность потоков и теоретический напор на всей расходно-напорной характеристике. Также в работе было показано, что обратные токи появляются раньше, чем они начинают влиять на параметры основного потока, а диаметры и площади активного потока значительно меняются на различном расстоянии от входной кромки. По результатам анализа картин течения трехмерного численного моделирования выдвинута гипотеза, заключающаяся в определении обратных токов на входе с напорной стороны входной кромки лопасти.

Список используемых источников:

1. Yokota K., Kurahara K., Tsujimoto Y., Acosta A.J. A study of swirling backflow vortex structure at the inlet of an inducer // Bulletin of JSME series B, 1999. Vol. 42. №. 3. P. 451-459.
2. Дрозд В.А. Об одном способе экспериментального исследования обратных токов перед шнековым преднасосом. Киев : Наукова думка. Рабочие процессы в шнеко-центробежных насосах, 1978. С. 22-26.
3. Лакшминараяна Б. Визуальное исследование течения в осевом преднасосе. Теоретические основы инженерных расчетов. Университет Пенсильвании, 1972. С. 79-89.
4. Чебаевский В.Ф., Петров В.И. Кавитационные характеристики высокооборотных шнеко-центробежных насосов. Москва : Машиностроение, 1973. 152 с.

Теплогидравлическое проектирование пластинчатых теплообменных аппаратов повышенной эффективности системы кондиционирования воздуха пассажирского самолёта

Севостьянов В.С., Севостьянов Д.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Неверов А.С.

МАИ, Москва

Проектирование рекуперативных теплообменных аппаратов транспортных энергетических установок, в том числе, авиационных систем кондиционирования воздуха в кабинах или салонах обуславливает необходимость решения задачи обеспечения их компактности, т.е. минимально возможных габаритных размеров при ограниченности мощности на прокачку теплоносителей.

Как известно [1, 2], компактность характеризуется отношением требуемой площади поверхности теплопередачи теплообменного аппарата (ТА) к занимаемому ею объему. Из конструкторско-технологических отработанных схем теплообменных поверхностей рекуперативных ТА более компактными являются пластинчато-ребристые поверхности по сравнению с теплообменными трубами. Повышение тепловой эффективности пластинчато-ребристых поверхностей ТА обеспечивается применением различных методов интенсификации теплоотдачи.

В настоящем исследовании решена задача теплогидравлического проектирования пластинчато-ребристых ТА системы кондиционирования воздуха пассажирского самолета с оценкой возможного повышения их тепловой эффективности за счет искусственной турбулизации потоков обоих теплоносителей. За исходные данные к расчету взяты режимные параметры системы кондиционирования самолета ТУ-154.

Методика теплогидравлического расчета ТА базировалась на выборе геометрических параметров гофрированных пластин, сопоставимых с параметрами пластин с известными характеристиками по теплоотдаче и гидравлическому сопротивлению [1]. Данный подход обусловлен тем, что методология обобщения данных по теплоотдаче и гидравлическому сопротивлению для пластин с разными геометрическими параметрами гофров отсутствует.

Оценка возможного повышения тепловой эффективности двух проектируемых пластинчато-ребристых ТА за счет интенсификации теплоотдачи выполнена для двух способов искусственной турбулизации потоков воздуха: с использованием треугольных каналов рассеченных поверхностей или с использованием треугольных каналов с поперечными выступами и канавками [3].

Расчеты показали, что использование первого указанного способа турбулизации позволяет повысить тепловую эффективность на 23% для обоих ТА, а при использовании второго способа получен рост тепловой эффективности на 39% и 52%.

Список используемых источников:

1. В.М. Кэйс, А.Л. Лондон Компактные теплообменники, пер. с англ. под ред. Ю.В. Петровского. М.: «Энергия», 1967, 224 с.
2. Чичиндаев А.В. Оптимизация компактных пластинчато-ребристых теплообменников. Часть 1. Теоретические основы: Учебное пособие. — Новосибирск, Изд-во НГТУ, 2003. — 400 с., Часть 2. Примеры расчета и справочные материалы, 208 с.
3. Воронин Г.И., Дубровский Е.В. Эффективные теплообменники М.: «Машиностроение», 1973, 96 с.
4. Интенсификация теплообмена /под ред. проф. А.А. Жукаускаса и проф. Э.К. Калинина. Успехи теплопередачи, 2 //Вильнюс: Мокслас, 1988, — 188 с.

Экспериментальное исследование процессов при производстве биоводорода Серов Б.С.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Дунков Д.О.
НИУ «МЭИ», Москва

Источником водорода с низким углеродным следом может стать биомасса, при этом существуют методы биологического производства водорода в качестве продукта жизнедеятельности некоторых микроорганизмов [1]. Типичный продукт биологической переработки органического сырья представляет собой влажную смесь газов с низким парциальным давлением водорода (<1 бар). Недавние исследования показывают, что водородный метаболизм гораздо более распространен в природе, чем это раньше предполагалось, и в том числе свойственен некоторым глубоководным микроорганизмам, адаптированным к окружающей среде с высоким давлением. Обеспечение высоких гидростатических давлений внутри биореакторов требует гораздо меньших затрат энергии, чем сжатие продуктовых газов, таким образом использование пьезотолерантных или пьезофильных микроорганизмов позволит разработать новые методы более эффективного получения биоводорода.

В работе создается экспериментальная установка, по производству биоводорода при повышенном давлении (до 10 атмосфер). Разработан реактор АН017 для работы в условиях высокого давления, внутри реактора измеряются температура и давление. Для нагрева и поддержания постоянной температуры используется термостат Julabo FP-45. Удаление примесей воздуха или других газов производится по линии сброса с помощью вакуумного насоса PFEIFFER VACUUM. В реактор помещают исследуемые микроорганизмы и питательную среду, после чего заполняют аргоном с необходимым давлением. Выделяемый микроорганизмами газ собирается в пробоотборник. При масштабировании системы разделение смеси и получение чистого водорода предлагается осуществить с помощью металлгидридов.

Список используемых источников:

1. Дунков Д.О., Борзенко В.И., Малышенко С.П., Блинов Д.В., Казаков А.Н. Перспективные технологии использования биоводорода в энергоустановках на базе топливных элементов (обзор) // ТВТ. 2013. №3.

Расчёт СА ТВД ГТД со встроенными вихревыми трубами Смирнов Д.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Веретенников С.В.
РГАТУ им. П.А. Соловьёва, Рыбинск

Повышение эффективности газотурбинных энергетических установок неразрывно связано с совершенствованием систем охлаждения лопаток газовых турбин. В работе рассмотрена система охлаждения соплового аппарата 1 ступени газовой турбины с

интегрированными вихревыми противоточными камерами, реализующими эффект Ранка-Хилша. Хладагент через закручивающие устройства подается в две вихревые камеры. В них интенсивно закрученный периферийный поток, перемещаясь от закручивающего устройства к дросселю, нагревается, охлаждая вогнутую и выпуклую поверхности пера, при этом он отбирает энергию у присоединяемого потока, перемещающегося в противоположном направлении. Выходя из диафрагмы вихревой камеры, поток со сниженной температурой подается на охлаждение входной и выходной кромок и выбрасывается в проточный тракт. Подогретый поток из вихревой камеры выбрасывается через перфорацию на спинке в корневом и периферийном сечениях. Выполнено численное моделирование сопряженной задачи газодинамики и теплообмена в модели лопатки при использовании в качестве охладителя двух разных веществ: воздуха и перегретого водяного пара. В результате расчетного исследования получена зависимость эффективности охлаждения пера лопатки от расхода хладагента (для воздуха и водяного пара) при перепаде давления в системе охлаждения от 1,3 до 2,0. Выполнен расчет пропускной способности лопатки и построена расходная характеристика. Стоит отметить, что использование представленного соплового аппарата не допустимо при перепаде давления менее 1,3, так как система охлаждения работает неустойчиво и наблюдается локальное затекание газа из межлопаточного канала через отверстия перфорации. При значении относительного расхода 2,8% средняя эффективность охлаждения не превышает 0,2. При дальнейшем возрастании расхода до 5,6% происходит резкое увеличение средней эффективности охлаждения более чем в два раза до 0,49 с последующей стабилизацией значения вблизи 0,6 при расходе охладителя более 8%. Аналогичные зависимости получены для перегретого водяного пара, при этом наблюдается увеличение средней эффективности охлаждения на 20–30%.

Список используемых источников:

1. Верхоланцев, А. А. Газотурбинные установки. Часть 2: Конструкция ГТУ и их элементов: учебное пособие / А. А. Верхоланцев, В. Г. Злобин. — СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. — 53 с.
2. Швеи И. Т. Воздушное охлаждение деталей газовых турбин [Текст] / Швеи И.Т., Дыбан Е.П. Киев: Наукова думка, 1974. — 488 с.
3. Цанев С.В. и др. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций [Текст] / Цанев С.В., Буров В.Д. Москва: МЭИ, 2002. 584 с.
4. Каблов Е. Н. Высокоэффективное охлаждение лопаток горячего тракта ГТД [Текст] / Каблов Е.Н, Оспенникова О.Г., Светлов И.Л. // Авиационные материалы и технологии. Учредители: Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов НИЦ «Курчатовский институт». — 2017, М. — С. 3-14.

Термическая проводимость контакта металлических поверхностей с карбидокремниевой керамикой в условиях газонаполненной среды

Талалаева П.И., Родин В.Д., Гритчин Д.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ежов А.Д.

МАИ, Москва

Изучение термической проводимости контакта металлических поверхностей с карбидокремниевой керамикой в условиях газонаполненной среды имеет важное значение для авиационной промышленности в ряде ключевых аспектов:

1. Применение карбидокремниевой керамики в контакте с металлическими поверхностями может повысить эффективность теплопередачи, контактирующих поверхностей, что особенно критично для предотвращения перегрева и обеспечения долговечности двигателей.

2. Понимание термической проводимости металл-керамического контакта под воздействием газонаполненной среды может существенно повлиять на термические и механические характеристики и, следовательно, на работоспособность системы.

3. Исследования в области термической проводимости помогают оптимизировать процессы передачи тепла и обеспечить более эффективное использование материалов.

В качестве инновационного материала, привлекающего внимание в области двигателестроения, выделяются композиты на основе карбидокремниевой керамики [1]. Эти композитные материалы представляют потенциал для достижения высокой эффективности в авиационной сфере. Свойства композитов, такие как низкая удельная масса, термостойкость, прочность, трещиностойкость и химическая инертность, делают их перспективными для применения в условиях высоких температур и экстремальных нагрузок.

Одним из ключевых факторов для обеспечения устойчивого функционирования изделия является понимание теплового режима. Это включает в себя необходимость определения значений контактного термического сопротивления (КТС) и межконтактного давления в области соединения материалов [2]. Следует отметить важную особенность композитов — анизотропию, которая оказывает влияние на их механические характеристики в различных направлениях. Также большое влияние оказывает межконтактная среда, продукты сгорания топлива. Продукты сгорания топлива обладают высокой температурой, что может изменять тепловые свойства контактирующих поверхностей и воздействовать на эффективность теплопередачи, также они могут вызывать коррозию металлических поверхностей. А поскольку химический состав продуктов сгорания может варьироваться, то это также влияет на теплопроводность газов вокруг контакта и, следовательно, на общую эффективность теплопередачи.

Игнорирование различий в механических свойствах разнородных материалов может привести к возникновению напряжений, что, в свою очередь, может вызвать трещины в момент соединения металл-композит [3]. Снижение прочности соединения может привести к долгосрочному разрушению под воздействием механических нагрузок. Эффективная работа изделия при высоких температурах требует учета тепловых и остаточных напряжений. Таким образом, управление термическими параметрами и анизотропией композитов становится необходимым условием для обеспечения стабильной работы в экстремальных условиях.

Список используемых источников:

1. Мальков В.А., Фаворский О.Н., Леонтьев В.Н. Контактный теплообмен в газотурбинных двигателях и энергоустановках. М Машиностроение 1978 — 144 с.
2. Ежов А.Д., Меснянкин С.Ю., Быков Л.В. Численное моделирование микрогеометрии на основе профилограммы поверхности для контактных задач. // В сборнике: Материалы XX Юбилейной Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным системам (ВМСППС'2017) 2017. С. 236–238.
3. L.V. Bykov, N.V. Artemchuk., A.D. Ezhov. Three-dimensional of modeling microgeometry of contact pairs in technical systems // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 709 (2020) 022057, issue 1, doi:10.1088/1757-899X/709/2/022057, 5 P.

Расчётное определение корректировок в зависимости между объёмом жаровой трубы и полнотой сгорания в модельной камере сгорания при варьировании её размера

Тарасенко А.Н.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Силуянова М.В.

МАИ, Москва

Одним из основных выбираемых на начальном этапе проектирования параметров для камер сгорания газотурбинного двигателя является объем жаровой трубы. Данная характеристика напрямую связана как с условиями параметров режима, таких как температура и давление воздуха, так и с полнотой сгорания, которая определяет тепловую эффективность узла. Оценка полноты сгорания может быть получена двумя способами: сравнением средней полученной в ходе испытаний или расчёта температуры на выходе из камеры сгорания с теоретической и использованием эмпирических зависимостей, связывающих величину недожога с концентрацией в смеси продуктов сгорания характерных веществ, таких как CO,

H₂ и несгоревших углеводородов. Тем не менее применение таких подходов возможно тогда, когда уже сформирован облик узла, что мало применимо на начальном этапе разработки.

Существующая зависимость, предлагаемая для определения объема жаровой трубы, слабо применима для современных камер сгорания в связи с значительным прогрессом в схеме организации горения, так как существенно завышает необходимый объем, что в свою очередь сказывается на массогабаритных характеристиках узла и увеличивает время пребывания газа, приводящее к росту эмиссии вредных веществ.

В рамках работы было проведено компьютерное моделирование процессов горения в секторе модельной камеры сгорания при варьировании её размера. Согласование получаемых результатов велось посредством параллельного увязывания полноты сгорания, полученной тремя способами: через температуру, через состав продуктов сгорания и в расчёте. На основании полученных данных предложена модернизированная формула для определения объема жаровой трубы в зависимости от параметров режима и требуемой полноты сгорания.

Список используемых источников:

1. А. Лефевр. Процессы в камеры сгорания ГТД. / М.: Мир, 1986. — 566 с.
2. А.А. Диденко. Теория и расчёт камер сгорания ВРД. Часть II. Оценка экологических показателей камер сгорания ГТД. / Самара.: Изд-во СГАУ, 2012. — 54 с.
3. А.И. Михайлов, Г.М. Горбунов, В.В. Борисов. Рабочий процесс и расчёт камер сгорания газотурбинных двигателей / М.: Оборонгиз, 1959. — 285 с.

Снижение заметности в инфракрасном поле струи турбореактивного двигателя

Тотменина Е.С., Рагулин И.А.

НИУ «МЭИ», Москва

Большую угрозу безопасности полетов летательных аппаратов (ЛА) различного назначения представляют зенитно-ракетные комплексы с тепловизионными головками самонаведения. Для предотвращения подобных угроз необходим анализ способов по снижению заметности в инфракрасном (ИК) диапазоне. Один из методов снижения ИК-заметности — это изменение геометрии выходного устройства ЛА, которое позволит интенсифицировать процесс смешения холодного атмосферного воздуха с выхлопными, нагретыми до высоких температур газами [1].

Было рассмотрено выходное устройство (ВУ), сопло Лавала, турбореактивного двигателя (ТРД), для которого принимался крейсерский режим работы. С помощью моделирования турбулентного газового течения внутри сопла, основанного на методе решения системы уравнений Навье—Стокса, осредненных по Рейнольдсу, для несжимаемой теплопроводной среды в отсутствие внешних сил, было проведено исследование эффективности использования различных геометрий ВУ: осесимметричное сопло, осесимметричное сопло в шевронах, прямоугольное сопло и прямоугольное сопло с шевронами. Угол установки шевронов принимался равным 5°.

Были получены распределения параметров течения в продольном и поперечных сечениях, которые показали, что для осесимметричного сопла характерны постепенно возрастающие при удалении от среза сопла слои смешения, которые смыкаются на расстоянии 10 метров от кромки сопла. Прямоугольное сопло позволило достичь смыкания слоев смешения на расстоянии 3 метров от среза сопла, что говорит о наличии более интенсивного процесса охлаждения струи. Статическая температура в ядре струи на расстоянии 10 м от кромки сопла для осесимметричной геометрии составила 400 К, а для прямоугольного сопла — 200 К.

Установка шевронов должна была оказать дополнительное положительное влияние на интенсификацию процесса смешения, благодаря образованию крупномасштабных продольных вихревых структур. Однако, распределение параметров потока не претерпело значительных изменений, что можно сказать и о статической температуре ядра струи.

Список используемых источников:

1. Вожадев, В.В. Характеристики радиолокационной заметности летательных аппаратов / В.В. Вожадев, Л.Л. Теперин. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2018. — 376 с.

Исследование процессов теплообмена при захлаживании криогенной магистрали дисперсным потоком жидкого азота

Трусович Ю.В., Дозорова А.А.

Научный руководитель — Антюхов И.В.

МАИ, Москва

Применение в ракетной технике криогенных компонентов топлива обеспечивает получение максимальных величин удельного импульса — основного показателя энергоэффективности двигателя. Широкое внедрение криогенных жидкостей в качестве компонентов топлива жидкостных ракетных двигателей потребовало создания целой отрасли промышленности со своими уникальными технологиями испытаний образцов новой техники. Совершенствование методов расчёта захлаживания и термостатирования трактов криогенных магистралей двигательных установок и криообеспечения энергетических устройств требует детального изучения теплогидравлических характеристик парожидкостных криогенных потоков при плёночном кипении в каналах. Успешное решение многих аспектов этой проблемы определяется получением надёжных экспериментальных данных о структуре потока, взаимодействии фаз на границе раздела и созданием математических моделей рассматриваемых процессов.

При захлаживании происходит взаимодействие жидкости с поверхностью в следующей последовательности: плёночное кипение, пузырьковое кипение, конвекция. До 90% времени захлаживания занимает плёночное кипение.

Достаточно эффективно процесс захлаживания проходит в дисперсно-кольцевом режиме, который возникает из переходного режима или непосредственно из кольцевой структуры стержневого режима, для которого типична повышенная концентрация капель жидкости около стенки. Дисперсно-кольцевая структура потока существует при массовых скоростях потока выше $100 \text{ кг/(м}^2\text{с)}$. В этом случае по длине канала испаряется до 80% жидкости.

Для исследования процесса захлаживания в дисперсном режиме предложена экспериментальная установка, которая предназначена для проведения исследований теплоотдачи при течении диспергированного потока жидкого азота в трубе. Экспериментальная установка состоит из следующих основных элементов: расходного бака ёмкостью 18 л, системы наддува, системы дренажа, струйной форсунки и экспериментального участка. Сменные струйные форсунки обеспечивают дробление жидкого азота на капли различного диаметра перед входом в экспериментальный участок. Датчики измерения давления и температуры и системы регистрации полученных данных обеспечивают измерение и запись результатов опытов в реальном масштабе времени.

Форсунки изготавливаются с диаметром проходного сечения от 0.5 до 3 мм. Экспериментальный участок изготовлен из медной трубы. На внешней поверхности экспериментального участка установлено пять X-K термпар с диаметром термоэлектродов 0.2 мм. Для уменьшения погрешности определения теплового потока на теплоотдающей поверхности с внешней стороны экспериментального участка установлена пенопропиленовая изоляция в виде трубки с толщиной стенки 10 мм, что практически исключает теплопритоки в процессе захлаживания из окружающей среды к холодной стенке трубопровода. Подача жидкого азота в экспериментальный участок происходит после наддува расходной ёмкости с помощью воздушного баллона высокого давления и редуктора. Жидкость под заданным давлением поступает через трубопровод подачи в струйную форсунку и затем в экспериментальный участок в виде парожидкостного потока. После прохождения экспериментального участка азот выбрасывается в окружающую среду. Температура, жидкости на входе в экспериментальный участок близка к температуре насыщения жидкого азота при атмосферном давлении. Для измерения параметров процесса при проведении опытов используется автоматизированная система сбора и обработки информации.

В процессе эксперимента измеряются: давление в баке, масса бака, температура медной трубки в заданных сечениях. Давление в баке измеряется датчиком и контролируется по образцовому манометру.

Медная стенка экспериментального участка обеспечивает определение плотности теплового потока и коэффициента теплоотдачи на теплоотдающей поверхности. Толщина стенки выбирается из условия, при котором число Био меньше 0.1. Незначительная толщина стенки экспериментального участка уменьшает длительность охлаждения, что приводит к сокращению количества измеренных значений температур при выбранной частоте опроса.

С помощью предложенной экспериментальной установки были получены тестовые экспериментальные данные, которые позволяют получить распределение тепловых потоков и коэффициентов теплоотдачи в заданных сечениях экспериментального участка. Полученные данные имеют высокую практическую значимость.

Список используемых источников:

1. Костюк В.В., Фирсов В.П. Теплообмен и гидродинамика в криогенных двигательных установках. М.: Наука, 2015.
2. Баттерворс Д., Хьюит Г. — Теплопередача в двухфазном потоке. Москва: «Энергия» 1980.
3. Осипова В.А. Экспериментальное исследование процессов теплообмена: Учеб. пособие для вузов. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергия, 1979. — 320 с.
4. Уоллис Г. Одномерные двухфазные течения. Москва «Мир» 1972.

Теплообмен в окрестности передней критической точки спускаемого космического аппарата в атмосфере Земли

Фролова Ю.В.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Молчанов А.М.

МАИ, Москва

В условиях активного развития космической индустрии и постоянного стремительного продвижения человечества в исследовании космоса, вопросы безопасного возвращения спускаемых космических аппаратов (СКА) на поверхность Земли остаются приоритетными в научных и инженерных исследованиях. В этой связи актуальность темы данной работы обуславливается востребованностью разработки более эффективной и дешевой в производстве тепловой защиты для поверхности СКА. Данная необходимость определяется тем фактором, что СКА играют важную роль в исследовании и освоении космоса. Расширение знаний о Вселенной, изучение происхождения жизни, поиск альтернативных источников ресурсов требуют увеличения количества проведения научных работ в космическом пространстве, в атмосфере интересных планет Солнечной системы и на их поверхности. СКА в данной области выполняет такие задачи как, например, доставка образцов грунта с поверхности планет на Землю, возврат экспериментального оборудования на Землю, получение данных об атмосфере планеты при полете в ней и возвращение экипажа космического корабля.

Таким образом, спектр применения СКА достаточно широк, а тенденции увеличения присутствия человека в космосе (в том числе с целью туризма) подталкивают искать пути удешевления изготовления СКА, увеличения его надежности и безопасности, уменьшения массы конструкции. Данные проблемы можно решить путем разработки современной и эффективной тепловой защиты. Её проектирование зависит от достоверного анализа теплообмена между набегающим газовым потоком и поверхностью аппарата.

Целью работы является моделирование обтекания СКА, при его входе в атмосферу с целью дальнейшего изучения и разработки тепловой защиты.

В ходе работы решались следующие задачи:

1. Разработка математической модели химически реагирующего потока, обтекающего заданный геометрический профиль;
2. Построение вычислительной сетки;
3. Расчёт тепломассообмена на поверхности СКА;

4. Анализ полученных результатов и сравнение с имеющимися в литературе экспериментальными данными [1].

Для расчета использовалась модель химической кинетики Парка из пяти химических реакций. Значения коэффициентов для вычисления констант скоростей прямых реакций взяты из работы [2].

В результате проделанной работы для трех режимов полёта (48 км, 60 км и 84 км) было получено пространственное распределение следующих параметров: статическая температура, массовая доля атомарного кислорода, массовая доля атомов азота и массовая доля оксида азота (II). Из полученных данных наглядно видно, что наибольшее значение статической температуры наблюдается в области за отошедшей ударной волной в сжатом слое, и её значение растёт с увеличением скорости полета. С уменьшением статического давления атмосферы (увеличением высоты полета) расстояние между ударной волной и поверхностью СКА увеличивается.

Было получено распределение теплового потока в стенку по длине образующей для высот 60 км и 84 км. Результаты, полученные в расчете, удовлетворительно согласуются с расчетами из других источников и с данными летного эксперимента.

Для высот 60 км и 84 км получены распределения массовых долей химических компонентов вдоль оси потока в окрестности ПКТ. На высоте 60 км за скачком уплотнения вследствие высокой температуры происходит диссоциация молекул O_2 и N_2 (O_2 — полностью, N_2 — частично). Появляется и NO в достаточно большом количестве. На высоте 84 км диссоциация азота проходит более интенсивно по сравнению с распределением концентраций на высоте 60 км. Это обусловлено тем, что существенно выше скорость набегающего потока и, соответственно, температура. Этот эффект оказывает доминирующее воздействие по сравнению с уменьшением давления.

Список используемых источников:

1. Gupta, R. N., Moss, J. N., Price, J. M. Assessment of Thermochemical Nonequilibrium and Slip Effects for Orbital Re-Entry Experiment // Journal of Thermophysics and Heat Transfer. — 1997. — Vol. 11, № 4. — P. 562–569.
2. Leonardo C. Scalabrin. Numerical simulation of weakly ionized hypersonic flow over reentry capsules : PhD diss ; The University of Michigan. — 2007. — 182 pages.
3. Молчанов, А. М. Термодинамика и динамика жидкости и газа. Специальные главы / А. М. Молчанов. — Москва, 2019. — 152 с.
4. Никитин, П. В. Тепловая защита: Учебник для вузов по спец. «Авиационная и ракетно-космическая теплотехника» направл. «Двигатели ЛА» / П. В. Никитин. — Москва: МАИ, 2006. — 512 с.

Валидация расчётных методик определения физико-химических свойств смесей углеводородных топлив с эфирами

Цапенков К.Д., Эрнандэс М.М., Ястребов В.В.

Научный руководитель — к.т.н. Зубрилин И.А.

Самарский университет, Самара

Антропогенные выбросы углекислого газа (CO_2), являются основным фактором увеличения концентрации CO_2 в атмосфере, что приводит к ряду серьезных экологических проблем. По мере роста спроса на авиаперевозки количество вредных выбросов от авиации значительно увеличивается, что приводит к необходимости сократить или устранить выбросы авиационного сектора.

Сокращение выбросов от авиации может быть достигнуто за счет производства и применения альтернативных источников энергии (биотоплива). Авиационные топлива, полученные из биосырья (в том числе эфиры), имеют хорошие перспективы для достижения целей по сокращению выбросов в авиационной промышленности.

Сложноэфирные молекулы компонентов биотоплив по своему строению отличаются от углеводородов нефтяного топлива: в составе присутствуют атомы кислорода. Это приводит к снижению теплоты сгорания топлива, но позволяет добиться более полного сгорания топлива в двигателе и снижения выбросов токсичных веществ в атмосферу [1]. Особенности эфиров

оказывают серьезное влияние на процессы распыла и горения топлива, а также на его эксплуатационные характеристики. При моделировании этих процессов особенности биотоплив на основе эфиров жирных кислот учитываются при помощи суррогатов за счет физико-химических свойств и моделей химической кинетики. При использовании биотоплив и их смесей с нефтяными топливами необходимо разработать методики определения свойств таких смесей.

Для проведения экспериментальных исследований использовались следующие смеси:

- 1) 100% керосин ТС-1;
- 2) 100% окисленный керосин ТС-1;
- 3) 100% этиловый эфир малоновой кислоты;
- 4) 25% этиловый эфир малоновой кислоты + 75% н-декан;
- 5) 50% этиловый эфир малоновой кислоты + 50% н-декан;
- 6) 75% этиловый эфир малоновой кислоты + 25% н-декан;
- 7) 25% этиловый эфир малоновой кислоты + 75% н-додекан;
- 8) 50% этиловый эфир малоновой кислоты + 50% н-додекан;
- 9) 75% этиловый эфир малоновой кислоты + 25% н-додекан;
- 10) 25% этиловый эфир малоновой кислоты + 75% керосин ТС-1;
- 11) 50% этиловый эфир малоновой кислоты + 50% керосин ТС-1;
- 12) 75% этиловый эфир малоновой кислоты + 25% керосин ТС-1;
- 13) 25% этиловый эфир малоновой кислоты + 75% окисленный керосин ТС-1;
- 14) 50% этиловый эфир малоновой кислоты + 50% окисленный керосин ТС-1;
- 15) 75% этиловый эфир малоновой кислоты + 25% окисленный керосин ТС-1;
- 16) 25% этиловый эфир малоновой кислоты + 75% многокомпонентный суррогат керосина ТС-1;
- 17) 50% этиловый эфир малоновой кислоты + 50% многокомпонентный суррогат керосина ТС-1;
- 18) 75% этиловый эфир малоновой кислоты + 25% многокомпонентный суррогат керосина ТС-1.

В результате выполнения валидации существующих методик расчета свойств смесевых многокомпонентных топлив установлено, что плотность отдельных биокомпонентов может быть рассчитана по методике, представленной в работе [2], позволяющая рассчитывать плотность со средним расхождением в 0,17% от экспериментальных данных. Также эта методика применима для расчета плотности смесей, среднее расхождение расчетных данных с экспериментальными составило 0,7%.

Молекулярный вес для отдельных компонентов или смесей может быть определен по выражению, представленному в работе [3], где необходимо знать температуру кипения и плотность смеси. Сравнение расчетных и экспериментальных данных показало, что методика [3] имеет высокую погрешность для эфиров (расхождение справочных и расчетных данных составило 28,8%) и их смесей с нефтяными углеводородами, чем больше содержание эфира в смеси, тем больше расхождение. Для отдельных компонентов молекулярный вес является известной величиной, а для смесей может быть определен при известном составе.

Значение соотношения Н/С может быть получено по формуле Дубовкина через плотность смеси [4]. Также как для молекулярного веса данный метод имеет высокое отклонение для эфиров (12,4%), и их смесей с нефтяными углеводородами, однако для отдельных компонентов соотношение Н/С является известной величиной, а для смесей может быть определено при известном составе.

Полученные данные планируется расширить, включив в исследование такие свойства как вязкость и коэффициент поверхностного натяжения.

Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда (проект № 23-69-10006) <https://rscf.ru/project/23-69-10006/>.

Список используемых источников:

1. Subramaniam, M. Experimental investigation on performance, combustion and emission characteristics of DI diesel engine using algae as a biodiesel [Text] / M. Subramaniam, J.M. Solomon,

V. Nadanakumar, S. Anaimuthu, R. Sathyamurthy // Energy Reports — 2020. — V. 6 — P. 1382–1392.

2. Yaws, L. Yaws' handbook of thermodynamic and physical properties of chemical compounds: Physical, thermodynamic and transport properties for 5,000 organic chemical compounds [Text] / L. Yaws. — Norwich, NY: Knovel, 2003. — 2078 p.

3. Goossens, A.G. Prediction of Molecular Weight of Petroleum Fractions [Text] / A.G. Goossens // Industrial & Engineering Chemistry Research—1996. — V. 35, № 3. — P. 985–988.

4. Дубовкин, Н.Ф. Физико-химические и эксплуатационные свойства ракетных топлив [Текст] / Н.Ф. Дубовкин. — М.: Химия, 1985. — 240 с.

Тепловое и напряжённо-деформированное состояние термобарьерного покрытия внутренней полости блока цилиндра поршневого двигателя изготовленного по аддитивной технологии

Шилов М.С., Полетаев А.О., Котович И.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ежов А.Д.

МАИ, Москва

Современное развитие машиностроительной отрасли позволяет конструкторам применять технически решения ранее не реализуемые. Так, например, использование аддитивных технологий, в ряде случаев, позволяет создавать уникальные конфигурации изделий, выполняющие ранее определенные функции гораздо эффективнее. Так, например, в большинстве зарубежных работ можно найти инженерные решения использующие поверхности Шварца для интенсификации теплообмена или для обеспечения прочностных свойств при сниженной массе изделия. Подобные решения накладывают ряд ограничений при использовании традиционных форм изготовления. Но применение аддитивных технологий при производстве тестовых образцов или малых партий изделий решают подобные проблемы [1].

На сегодняшний день состояние аддитивных технологий позволяет получить изделия с поверхностью удовлетворительного качества, однако получение хорошего качества поверхностей деталей часто бывает затруднительно и дорого поскольку оно зависит от множества факторов [2]. Использование легкоплавких материалов, таких как алюминиевые сплавы, накладывают ряд ограничений на использование изделий в области высоких температур. Решением этих проблем может служить нанесение специальных, термобарьерных покрытий.

В работе приводится исследование возможности применения термобарьерного покрытия из окиси алюминия Al_2O_3 , наносимого на предварительно обработанную поверхность детали полученной с помощью аддитивной технологии. Рассмотрены топография исходных поверхностей и дальнейшее изменение под действием микродугового оксидирования.

Термобарьерная функция обеспечивается за счёт низкой теплопроводности окиси алюминия. Поскольку нанесение покрытия осуществляется методом микродугового оксидирования, термического контактного сопротивления нет, вследствие полного соприкосновения поверхностей [3]. Однако из-за существенного различия в коэффициентах теплопроводности материала покрытия и подложки остаётся необходимость учёта отклонения микрорельефа поверхности соприкосновения.

В ходе данной работы был проведён расчёт температурных полей, а также напряженно-деформированного состояния системы блок цилиндра — термобарьерное покрытие. Геометрия контактной зоны была смоделирована по алгоритму, указанному в работе [4]. Полученные расчёты будут использованы в качестве рекомендации для проектирования блоков цилиндров ДВС. Расчёт проводился в программе ANSYS Mechanical, реализующей метод конечных элементов. Данный метод хорошо подходит для решения задач теплопроводности и прочности, имеет хорошую сходимость и достаточную точность.

Список используемых источников:

1. К.А. Колганов, И.В. Микрюков, А.С. Марков. Разработка технологии изготовления деталей/компонентов двигателя внутреннего сгорания с применением аддитивных методов производства // Экономика и производство энергетической отрасли.
2. М.Ю. Куликов, М.А. Ларионов, Д.В. Гусев, Е.О. Шевчук. Обеспечение качества деталей, изготовленных с помощью аддитивных технологий // Машиностроение и машиноведение, 2020 г.
3. Yerokhin A.L., Nie X., Leyland A., Matthews A., Dowey S.J. Plasma electrolysis for surface engineering//Surface and Coatings Technology. 1999. V. 122. P. 73–93.
4. А.Д. Ежов, Л.В. Быков, С.Ю. Меснянкин. Численный метод определения реальной площади контакта контактирующих тел // Журнал поверхностных исследований: Рентгеновские, синхротронные и нейтронные методы. (Сентябрь 2018 г.), Том 12, Выпуск 5, стр. 914–917.

Влияние установки лопаточного входного устройства на напорные характеристики осевого насоса

Шоронов С.В.

Научный руководитель — д.т.н. Тимушев С.Ф.

МАИ, Москва

Напорные характеристики насосов с осевыми колёсами в подавляющем большинстве случаев имеют немонотонные кривые [1], что осложняет их процесс проектирования и регулирования. Обеспечение монотонно падающей напорной характеристики осевого насоса является одной из важнейших целей проектирования и оптимизации конструкции агрегата. Закрутка потока на входе в насос может изменять напор и повышать эффективность насоса [2–4], для этого могут быть использованы лопаточные входные устройства.

Объектом исследования является гидроприводной осевой насос с приводом от гидравлической турбины, установленной на бандаже рабочего колеса насоса. Основные параметры осевого рабочего колеса насоса: коэффициент быстроходности $ns = 540$, приведенный расход $Q/n = 13$, л/ч/об-мин, втулочное отношение на входе $d1_{вт_отн} = 0,44$, втулочное отношение на выходе $d2_{вт_отн} = 0,65$, густота на среднем диаметре $tsr = 1,27$, коэффициент эквивалентного диаметра на входе $KD_{d1} = 4,57$, коэффициент эквивалентного диаметра на выходе $KD_{d2} = 3,85$, угол атаки на среднем диаметре $icr = 1,71$ град.

Для изменения формы напорных характеристик (на монотонно падающие) на периферии устанавливались входные лопаточные устройства с различной густотой.

В работе методом численного моделирования получены напорные характеристики исследуемого осевого насоса с входным лопаточным устройством с различной густотой, проведен анализ полученных результатов, произведена валидация расчетной модели и выявлена оптимальная геометрия входного устройства. Установка лопаточного входного устройства может увеличивать напор насоса, уменьшать величину «завала» напорной характеристики, перемещать «завал» на более низкие расходы. Оптимальная геометрия входного лопаточного устройства полностью ликвидирует «завал» напорной характеристики насоса и увеличивает напор насоса.

Список используемых источников:

1. Кивченко Г.И. Насосы и гидротурбины. М., «Энергия», 1970 г. 448 с.
2. Lei Tan, Baoshan Zhu, Shuliang Cao, Yuchuan Wang, Binbin Wang. Influence of Prewirl Regulation by Inlet Guide Vanes on Cavitation Performance of a Centrifugal Pump. Energies, 2014, 7, pp. 1050-1065.
3. Lei Tan. Hydraulic design and pre-whirl regulation law of inlet guide vane for centrifugal pump. Science China Technological Sciences, 2010, 8: pp. 2142–2151.
4. Hucan Hou, Yongxue Zhang, Zhenlin Li, Xin Zhou, Zizhe Wang. Hydraulic Design of Inlet Guide Vane and its Full Flow Passage Numerical Simulation on Centrifugal Pump. Proceedings of the ASME International Mechanical Engineering Congress & Exposition, 2014.

Апробация методик расчёта давления насыщенных паров при построении кривых дистилляции композитных топлив

Штырлов А.Е., Цапенков К.Д., Сидорова Е.И.

Научный руководитель — к.т.н. Зубрилин И.А.

Самарский университет, Самара

Целью данной работы является выбор расчетной методики определения давления насыщенных паров композитных топлив, которая позволит в дальнейшем с наименьшей погрешностью осуществлять построение кривых дистилляции таких топлив.

Кривая дистилляции топлива помогает определить при каких условиях происходит его испарение, а также ее расчет необходим при формировании моделей топлива (суррогатов), для соответствия процессов испарения модельного и референтного топлив.

При построении кривой дистилляции, по представленному в данной работе методу, на точность в основном влияют:

- Количество итераций в расчете,
- Точность определения давления насыщенных паров отдельных компонентов.

Максимизировать количество итераций (снизить количество испарившегося вещества за одну итерацию) в расчете можно при помощи расчетных программ для ЭВМ, без значительного ущерба для времени расчета. Для повышения точности определения давления насыщенных паров отдельных компонентов топлива было решено подобрать оптимальную расчетную методику. Был проведен обзор литературы на тему расчетных методик определения давления насыщенных паров индивидуальных компонентов (как нефтяных углеводородов, так и биокomпонентов). Расчетные данные, полученные по различным методикам сравнивались со справочными данными о давлении насыщенных паров индивидуальных компонентов. Также полученные значения применялись для расчета кривых дистилляции, которые сравнивались с кривыми, полученными экспериментальным путем.

В ходе работы была определена оптимальная расчетная методика для определения давления насыщенных паров [1].

Данная работа финансировалась за счет гранта Российского научного фонда (проект № 23-29-00971) <https://rscf.ru/project/23-29-00971/>.

Список используемых источников:

1. В.В. Разносчиков, И.А. Демская Математическая модель расчета теплофизических свойств синтетического жидкого топлива // Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 50

Способы уменьшения температуры стенки в отрывной зоне центрального тела тарельчатого сопла жидкостного ракетного двигателя

Эзугбая Г.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Боровик И.Н.

МАИ, Москва

ЖРД с кольцевым соплом — это такой ЖРД с осесимметричным соплом, в котором часть или все нормальные оси симметрии сечения потока продуктов сгорания представляют собой кольца. Также их называют ЖРД с соплами с центральным телом.

С точки зрения газодинамики в кольцевом сопле течение такое же, как и в обычном сопле. Двигатели с таким профилем сопла имеют два основных преимущества: меньшая осевая длина по сравнению с классическим ЖРД с круглым соплом (соплом Лавалля) при тех же термодинамических и газодинамических параметрах и возможность авторегулирования благодаря тому, что скачок уплотнения продуктов сгорания, образовавшийся от действия противодавления на центральное тело сопла, выравнивается и прилегает к стенке сопла. Как раз второе преимущество позволяет ЖРД с таким профилем сопла работать на разных высотах. Также благодаря увеличенной теплообменной поверхности данного профиля увеличивается подогрев охлаждающего компонента, что очень важно для ЖРД с безгазогенераторной схемой, ведь при увеличении температуры охладителя увеличивается работоспособность турбины, а следовательно, тем большее давление в камере сгорания и более высоких удельных характеристик можно достичь. Однако у ЖРД с кольцевым соплом

есть и ряд недостатков. Основной недостаток — это сложность в охлаждении данного ЖРД из-за того, что критическая область профиля представляет собой критическую щель с периметром, равным πD_a , где D_a — диаметр выходного сечения сопла. Но сложность не только в таком большом периметре критического сечения, но и в том, что у такого двигателя два контура, которые необходимо охлаждать: камеры сгорания и самого сопла. Также недостатком является сложность изготовления подобных двигателей.

Целью данной работы является исследование метода уменьшения температуры стенки в зоне отрыва центрального тела кислородно-водородного ЖРД, где возникают высокие температуры потока (больше 2000 К). Уменьшение температуры стенки обеспечено при помощи подбора профиля центрального тела и внедрения водородной завесы. Было выбрано три профиля сопла с различными формами центрального тела: со сферической формы; вогнутой формы с донной поверхностью, взятой из работы; конической формы. Данная задача будет решаться в САЕ-программе ANSYS CFX. Массовый расход на завесу 5 г/с, выбранная модель турбулентности Shear Stress Transport.

Список используемых источников:

1. Прикладная газодинамика/Б.И. Каторгин, А.С. Киселёв, Л.Е. Стернин, В.К. Чванов — М.: Вузовская книга, 2019. — 340 с.
2. Основы теории и расчёта жидкостных ракетных двигателей, В 2 кн. Кн. 1. Учеб. Для авиац. спец. вузов / А.П. Васильев, В. М. Кудрявцев, В. А. Кузнецов и др.; Под ред. В. М. Кудрявцева. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. Шк, 1993 — 383 с.: ил.
3. Добровольский, М.В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: учебник для высших учебных заведений / М.В. Добровольский, под ред. Д.Я. Ягодникова — 3-е изд., доп. — Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. — 461, [3] с. : ил.
4. Тимнат И. Ракетные двигатели на химическом топливе: Пер. с англ. — М.: Мир, 1990. — 249 с., ил.
5. Численное моделирование течения идеального газа в камере сгорания ракетного двигателя/П. С. Лёвочкин, И. Н. Боровик, Ю. С. Чудина. — М.: «МАИ», 2018 —104 с.

Секция №2.2 Конструкция и прочность ДЛА

Создание математической модели твердотопливного ракетного двигателя с оптимизацией проектных параметров

Кривун К.В.

Научный руководитель — к.т.н. Тимаров А.Г.

МАИ, Москва

Развитие современных платформ вычислительного анализа позволило создать полный набор инструментов, которые используются как для планирования виртуальных экспериментов, так и для решения задачи с высокой степенью неопределенности за счет использования различных моделей оптимизации. Такие программные комплексы позволяют исследовать и находить оптимальные варианты конструкций различных изделий, проверять их надежность и выявлять критически значимые для работоспособности места.

В связи с развитием методов системного автоматизированного анализа представляет практический интерес создать на их основе параметризованную математическую модель маршевого ракетного двигателя твердого топлива (РДТТ), которая позволит на начальных этапах за счет использования оптимизации выявлять наиболее эффективные проектно-конструкторские решения. Например, построение такой математической модели ранее было представлено в работе. Однако в рамках настоящей работы предлагается развить математическую модель РДТТ.

Как и в работе аналоге виртуальный РДТТ будет включать:

- 1) параметризованную геометрическую модель
- 2) расчетную модель рабочих параметров для вычисления реактивной тяги, удельного импульса тяги, массовых характеристик.

Следовательно, метод оптимизации в соответствии с нынешними методологиями направлен на получение теоретической модели РДТТ, путем взаимоувязки между параметрами двигателя, которые входят в разные области физики, соответственно появляется степень влияния облика на эти самые параметры. Ключевое отличие заключается в том, что дополнительно рассматривается также выбор оптимальной формы корпуса, соплового блока и профиля заряда твердого топлива.

Список используемых источников:

1. Применение платформы pSeven для обоснования рабочих параметров изделий ракетно-космической техники / Лаптев И.В. // Конференция пользователей DATADVANCE 2023. — 2023.
2. Фахрутдинов И.Х., Котельников А.В. Конструкция и проектирование РДТТ.: Учебник для машиностроительных вузов.— М.: Машиностроение, 1987, — 328 с.
3. Абугов Д.И., Бобылев В.М. Теория и расчет ракетных двигателей твердого топлива. — М.: Машиностроение, 1987, — 271с.
4. Григорьев С.С., Газодинамика двигателей, — М.: МАИ, 1986.

Направления развития методик контроля выработки ресурса основных деталей газотурбинных двигателей высокоманевренных боевых ЛА

Кузнецов П.Р.

Научный руководитель — к.т.н. Гогаев Г.П.

МАИ, Москва

Ресурс авиационного двигателя, наряду с его удельными параметрами, является одним из основных критериев, оцениваемых при выборе силовой установки для летательного аппарата (ЛА). Кроме того, от правильности установления ресурса двигателю, напрямую зависит безопасность полетов.

Установление и контроль ресурса для двигателей авиационной техники военного и гражданского назначения имеют ряд отличий. Высокманевренные боевые ЛА имеют

широкий перечень выполняемых задач и, в связи с этим, набор различных типовых полетных профилей, реализуемых в широком диапазоне условий эксплуатации. Данная особенность приводит к необходимости учитывать условия нагружения при оценке ресурса газотурбинных двигателей (ГТД) высокоманевренных боевых ЛА, что приводит к увеличению трудоемкости расчетно-экспериментальных работ по установлению ресурса.

В процессе установления ресурса авиационного ГТД особое внимание уделяется деталям, разрушение которых по причине недостаточной циклической долговечности может привести к потере ЛА или представлять опасность для жизни людей. Такие детали называются основными, и к качеству их изготовления предъявляются особые требования. Также, в связи с тяжестью последствий, возникающих при разрушении данных деталей, в эксплуатации требуется постоянный контроль состояния основных деталей (ОД), что трудно реализуемо без разборки двигателя. Поэтому ресурс ОД устанавливается по результатам испытаний ОД, а контроль выработки ими ресурса проводится по специальным методикам [1].

В настоящее время интенсивность эксплуатации высокоманевренных боевых ЛА возросла, что увеличило актуальность использования доступных резервов ресурса ОД авиационных ГТД. Использовать имеющийся конструктивно заложенный ресурс ОД возможно путем совершенствования методик контроля выработки ресурса ОД. Таким образом, работы в данном направлении имеют высокую актуальность.

Целью работы является анализ существующих методик контроля выработки ресурса ОД ГТД высокоманевренного боевого ЛА, а также поиск направлений их дальнейшего развития.

В качестве примера современной методики контроля выработки ресурса ОД ГТД высокоманевренных боевых ЛА предлагается рассмотрена методика ОКБ им. А. Люльки, широко применяемую на семействе двигателей «АЛ». По ходу полета электронный регулятор системы автоматического управления (САУ) двигателя выделяет в полете различные циклы нагружения ОД и на основе информации о реализованных циклах и их повреждаемости определяет долю истощения ресурса ОД.

Для реализации данной методики необходимо провести ряд расчетных работ: выделить циклы нагружения, и рассчитать значения единичных повреждаемостей. Выделение циклов нагружения происходит по результатам анализа информации о вкладе данных циклов в повреждаемость ОД, а значения единичных повреждаемостей рассчитываются при помощи кривых малоциклового усталости для материала или модифицированной формулы Мэнсона. С целью сокращения объема расчетов при сохранении уровня надежности расчеты выполняются при максимально нагруженных полетных условиях реализации циклов нагружения.

Однако анализ эксплуатации данных ЛА показал, что большая часть полетов осуществляется в менее нагруженных полетных условиях, что уменьшает использование конструктивно заложенного ресурса. С целью использования имеющегося конструктивно заложенного резерва ресурса, разработана методика, в которой значение единичной повреждаемости определяется исходя из информации о условиях реализации цикла нагружения с помощью матрицы единичных повреждаемостей. Применение данного подхода при оценке ресурсных показателей, позволяет существенно увеличить ресурс ОД [2].

Возможным дальнейшим развитием «матричного» подхода является построение линейной функциональной зависимости единичной повреждаемости от частоты вращения ротора и полных параметров на входе в двигатель.

Данная функциональная зависимость позволит проводить оценку остатка ресурса ОД каждого отдельного ГТД из парка индивидуально и при этом снизить количество расчетов, проводимых в эксплуатации электронным регулятором САУ двигателя.

Кроме того, использование данной функциональной зависимости имеет большой потенциал в проектах типа «цифровой двойник». Например она позволит на ранних этапах НИОКР оперативно провести оценку ресурса ОД ГТД в различных видах проектов: от создания модификации двигателя до проведения ремоторизации ЛА. При всех открывающихся возможностях данного подхода, стоит отметить, что его реализация потребует большого объема расчетных работ.

Таким образом, в ходе работы была рассмотрена современная методика контроля выработки ресурса ОД ГТД и определены дальнейшие направления ее развития: учет полетных условий реализации циклов нагружения и установление функциональной зависимости между полетными условиями и значением единичной повреждаемости.

Список используемых источников:

1. Машиностроение. Энциклопедия/ Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. — М.: Машиностроение. Самолеты и вертолеты. Т. IV-21. Авиационные двигатели. Кн. 3 / В.А. Скибин, В.И. Солонин, Ю.М. Темис и др.; под ред. В.А. Скибина, Ю.М. Темиса и В.А. Сосунова. — 2010. — 701 с.; ил.
2. Совершенствование методов контроля выработки ресурса основных деталей ГТД/ Г.П. Гогаев, Е.Ю. Марчуков, М.А. Богданов, И.А. Шубин// Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. — 2019. — Т.23, № 2 (84). — С. 10-16

Численное моделирование рабочего процесса в камере жидкостного ракетного двигателя со штыревой форсункой, работающего по схеме с полной газификацией компонентов топлива

Мукамбетов Р.Я., Бондаренко Н.С., Биндиман А.П.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Боровик И.Н.

МАИ, Москва

Применение в жидкостных ракетных двигателях штыревых форсунок является перспективным направлением исследований в условиях растущей конкуренции на рынке коммерческих запусков полезного груза благодаря таким преимуществам, как возможность глубокого регулирования тяги двигателя при обеспечении устойчивого рабочего процесса в камере во всем диапазоне регулирования, а также простота конструкции [1]. Данные преимущества доказаны множеством работ зарубежных ученых [1–3]. Однако отечественных работ по исследованию применения данного типа форсунок в жидкостных ракетных двигателях ограничено. Также стоит отметить, что работ по исследованию и применению штыревых форсунок в ракетных двигателях, работающих по схеме с полной газификацией компонентов топлива еще более ограничено, особенно с применением численного моделирования, применение которого при исследовании рабочего процесса в камере ракетного двигателя со штыревой форсункой позволит сократить время на разработку и доводку разрабатываемых двигателей нового поколения возвращаемых ступеней ракет-носителей.

В данной работе разработана методика численного моделирования рабочего процесса в камере жидкостного ракетного двигателя, работающего по схеме с полной газификацией компонентов топлива, приведены результаты моделирования, даны обоснования выбору модели турбулентности и модели горения, даны обоснования явлениям, возникающим в камере двигателя, а также представлена брутто-реакция, записанная для стехиометрического соотношения компонентов топлива.

Список используемых источников:

1. Ключников В.Ю. LEAN-носитель — основа системы транспортного обеспечения начального этапа индустриализации космоса // Новая космическая эра, № 3(96): С. 38–51;
2. Dressler G.A., Bauer J.M. TRW Pintle Engine Heritage and Performance Characteristics // 36th AIAA/ASME/SAE/ ASEE Joint Prop. Conf. & Ex., Las Vegas, Nevada, USA, Jul. 2000;
3. I. Yu, T. Kim, H. Ryu, Y. Ko, S. Kim and P. Park, "Combustion Performance of a Pintle Injector Rocket Engine with Rectangular Slot Shapes," in Proceedings of the Korea Society of Propulsion Engineers Conference, Kyungju, 2015.

Совершенствование конструкции обвязки современных отечественных авиационных ГТД

Попов Д.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Нестеренко В.Г.

МАИ, Москва

Рассматривается усовершенствованная система проектирования обвязки, состоящая из агрегатов, трубопроводов, электрической оплётки, датчиков давления и температуры с целью её упорядочения с точки зрения возможности их снятия при замене отдельных, повреждённых в эксплуатации модулей, являющихся встроенными узлами в конструкцию ГТД.

С этой целью необходимо обеспечить минимизацию пересечений отдельных элементов обвязки друг с другом, выполнить модификацию жестких трубопроводов в местах их подсоединения к агрегатам с гибкими законцовками, а также упорядочить и реализовать такое расположение штуцеров на агрегатах, которое бы позволяло не иметь дополнительных поворотов трубопровода обвязки. Имеющиеся минимальные радиусы поворота жестких трубопроводов составляют 2-3 диаметра этого трубопровода, при которых не имеет место недопустимое утонение их толщины.

Недопустимо двойное или тройное наложение отдельных трубопроводов, множественность их соединений с агрегатами, которое имеет место в настоящее время в обвязке изделия АЛ-31, поскольку такая конструкция затрудняет как снятие отдельных объектов обвязки, так и их обратную постановку на требуемые места при восстановлении работоспособности двигателя. В качестве примера облика существующей обвязки в отечественных конструкциях авиационных ГТД рассматриваются ТРДДФ АЛ-31, РД-33, для сравнения представлена обвязка ТРДДФ J85-GE-17A в разрезе, имеющиеся в МАИ. В АЛ-31 обвязка трёхслойная с множественными пересечениями трубопроводов, подающих топливо и масло. Необходимо чтобы трубопроводы в местах соединений с агрегатами и оболочки электропроводов имели законцовки с разноцветной оплёткой. С этой целью рассматривается топливная, масляная, электрическая и воздушная системы и их агрегаты.

Другая задача данной работы заключается в том, что в масляных трубопроводах в местах их отсоединения от агрегатов должны быть установлены обратные клапаны, предотвращающие утечки масла при их снятии с обвязки. Топливные трубопроводы имеют систему суфлирования и при разборке обвязки в них остатков топлива не имеется. Имеется также необходимость объединения нескольких агрегатов в общий корпус с целью сокращения числа подводов и отводов отдельных трубопроводов. Таким образом, совершенствование обвязки может существенным образом влиять на возможность реализации модульности конструкции отечественных ГТД в эксплуатации.

Список используемых источников:

1. Основы конструирования, производства и эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей и энергетических установок в системе CALS технологий : в 3 кн. /Н.Н. Сиротин, А.С. Новиков, А.Г. Пайкин, А.Н. Сиротин. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Наука, 2011. — ISBN 978-5-02-036654-1.
2. Пятитомный учебник «Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок», серия «Газотурбинные двигатели». А.А. Иноземцев, М.А. Нихамкин, В.Л. Сандрацкий. М.: Машиностроение, 2008.

Исследование напряжённо-деформированного состояния в моделях поляризационно-оптическим методом и методом конечных элементов

Сабитов Р.А., Лазарева А.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Абашев В.М.

МАИ, Москва

В рамках исследования был проведен сравнительный анализ результатов напряженно-деформированного состояния экспериментальных моделей, полученных двумя различными методами: методом фотоупругости и методом конечных элементов (МКЭ).

Фотоупругость (иногда называемая фотоэластичностью) — это явление, связанное с изменением оптических свойств материала под воздействием механических напряжений. Основная идея фотоупругости заключается в том, что при приложении нагрузки к материалу происходит изменение его оптических свойств, таких как показатель преломления, и это изменение можно визуализировать с помощью оптических методов. Это позволяет исследовать распределение напряжений внутри материала или конструкции.

Для эксперимента были изготовлены специальные пластины из полимерной фоточувствительной смолы.

Крайне важным фактором, влияющим на получение картины распределения изохром, является присутствие внутренних напряжений в образце. Они могут возникать при нарушении технологии изготовления смолы или отливки образца. Перед контрольными испытаниями и нагружениями образцов следует проверять их на наличие внутренних напряжений.

Цвет точки на экране определяется разностью главных напряжений. Полосы, составленные точками одного цвет, называются изохромами. Точка на экране окрашивается определенным цветом ($n = 1$). Если напряжения увеличиваются вдвое, вдвое же увеличивается разность между ними и точка снова окрашивается тем же цветом ($n = 2$), когда разность вырастает втрое, точка снова окрашивается тем же цветом ($n = 3$). Так происходит, потому что в процессе напряжения зарождаются и проходят через точку новые изохромы того же цвета. Число n — порядок изохромы. Точки, в которых направление одного из главных напряжений совпадает с плоскостью поляризатора, образуют черные полосы, называемые изоклинами.

Определив оптическую постоянную материала, появляется возможность определять напряжения в других образцах из того же материала.

Также можно определить напряжение в любой точке в данном образце.

Для валидации результатов был выбран программный комплекс ANSYS.

Смоделирована нагрузка на тарировочный прямоугольный образец. Схема нагружения аналогична экспериментальной.

В данном расчете использовался материал, свойства которого совпадают с теми значениями, которые были определены экспериментально.

По картине распределения напряжений видно, что минимальные значения напряжений в образце соответствуют значениям полученных в результате эксперимента. Однако, в исследуемой области напряжения, полученные расчетным путем не в полной мере соответствуют расчетным.

По результатам расчета видно, что картина распределения касательных напряжений, а также их значение совпадает с экспериментальным, с определённой погрешностью. Вероятно, это связано с наличием ошибки в обоих методах определения возникающих напряжений в конструкции.

По итогам анализа видно, что разница в значении минимальных напряжений, полученных разными методами, составляет не более 10–15 %. Данный результат говорит о том, что метод фотоупругости может применяться в решении различных инженерных прочностных задачах. Вместе с этим, замер напряжений в одной и той же точке на образце в расчете и эксперименте показал разницу в более чем 25 %. Это, в свою очередь, говорит о необходимости уточнения методики расчета, а также усовершенствовании методики проведения эксперимента и расчета возникающих напряжений.

Список используемых источников:

1. Кокер Э., Файлон Л. Оптический метод исследования напряжений; Пер. с англ. под ред. проф. Н. М. Беляева, проф. А. П. Афанасьев[а] с дополнит. статьей Д. К. Кнолля. — Ленинград; Москва: Онти. Глав. ред. общетехн. лит-ры, 1936 (Л.: тип. им. Евг. Соколовой). — Переплет, 634 с., 9 вкл. л. крас. ил.: ил.; 27х18 см.

2. Фрохт М.М. Фотоупругость: Поляризационно-оптический метод исследования напряжений. — Москва; Ленинград: Гостехиздат, 1948-1950 (Л.: тип. им. Евг. Соколовой). — 2 т.; 23 см. Т. 1. — 1948-1950. — 432 с., 4 л. ил.

Структура и компоновка гибридной силовой установки на базе турбовального двигателя

Серков В.В.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Равикович Ю.А.
МАИ, Москва

В данной работе описывается гибридная силовая установка, выполненная по параллельной схеме. Данная схема предполагает, что тепловая и электрическая машина смогут одновременно создавать момент на выходном валу.

В качестве тепловой машины используется турбостартер ТС-21. Это малоразмерный турбовальный двигатель со встроенным планетарным редуктором. В рамках проекта планируется эксплуатация данной машины в мощностном диапазоне от 30 до 45 кВт. Мощность от этого узла, в зависимости от режима работы установки, будет направляться на выходной вал всей установки или частично перенаправляться на обратимую электрическую машину для последующей зарядки аккумуляторных батарей.

Электрическая машина будет представлена вновь спроектированной обратимой электрической синхронной машиной с постоянными магнитами. В рамках проекта планируется эксплуатация данного узла в мощностном диапазоне от 20 до 30 кВт. В двигательном режиме данная машина будет способна создавать момент на своем выходном валу, а в режиме генератора — заряжать блок аккумуляторных батарей.

Так как установка выполняется по параллельной схеме, то необходимо чтобы обе машины работали на общий выходной вал всей установки. Для реализации этой конструктивной особенности, был заново спроектирован редуктор «сумматор» механической мощности. Обе машины присоединяются к редуктору, каждая через свое расцепительное устройство. Внутри данный узел представляет собой двухступенчатый редуктор внешнего зацепления со степенью редукционирования — 6.

Основные крепления установки предусмотрены на узле редуктора. На подрамнике предусмотрены узлы крепления к основной раме испытательного стенда ГСУ.

Управление установкой будет осуществляться оператором с поста управления. Для поддержания устойчивой работы на различных режимах и при переходных режимах на стенде будет применена система автоматического управления установкой.

Для имитации мощности на выходном валу всей установки планируется использовать гидротормоз.

На сегодняшний день завершены работы по окончательной компоновке ГСУ. Так как базовый ТС-21 потребует незначительных конструктивных доработок, связанных с установкой датчиков и новых присоединительных элементов, был проведен реверс-инжиниринг турбостартера с использованием 3D сканера и CAD системы NX. Ключевым этапом в дальнейшем развитии данной установки является выпуск рабочей конструкторской документации для изготовления всех необходимых элементов и узлов конструкции.

Данный проект выполняется в рамках соответствующего НИР. Предназначен для стендовой отработки различных режимов работы ГСУ параллельной схемы.

Параллельно, в МАИ планируется создание стенда для испытаний ГСУ, который позволит сравнить характеристики узлов ГСУ, полученные теоретическим и экспериментальным путем.

Список используемых источников:

1. Иванов, И. Г., Равикович Ю.А., Анализ требований, предъявляемых к основным узлам электрических и гибридных силовых установок / И. Г. Иванов, Ю. А. Равикович // Авиация и космонавтика : Тезисы 20-ой Международной конференции, Москва, 22–26 ноября 2021 года. — Москва: Изд. «Перо», 2021. — С. 109–110. — EDN JCSZIZ.
2. Равикович Ю.А., Иванов И.Г., Боровиков Д.А., Применение методов математического моделирования при разработке гибридной силовой установки для самолётов местных воздушных линий/ И. Г. Иванов, Ю. А. Равикович, Д.А. Боровиков // Международная научно-техническая конф. им. Н.Д. Кузнецова.

Секция №2.3 Технология производства ДЛА

Анализ результатов исследования фреттинг-изнашивания NiCrBSi покрытий, полученных электродуговым напылением

Астафьев Е.А., Тимофеев Н.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Лесневский Л.Н.

МАИ, Москва

Ресурс работы многих узлов трения, работающих в условиях вибрации, ограничивается износом или разрушением поверхностей пар трения вследствие развития процесса фреттинга при колебательном относительном движении контактирующих поверхностей (от английского fret — раздвигать, подтачивать). Процесс фреттинг-изнашивания возникает как при постоянном контакте деталей при их эксплуатации (прессовые посадки, замковые, болтовые, фланцевые соединения и др.), так и при периодически вступающих в контакт (узлы поворота лопаток, шарнирные соединения, регуляторы, клапаны и т.п.) и во многом определяет ресурс и надёжность узлов трения [1,2].

В связи с этим очевидна необходимость развития и использования современных представлений о процессе фреттинг-изнашивания предназначенных для защиты от изнашивания покрытий, определения и анализа экспериментально получаемых петель фреттинг-гистерезиса и энергетического подхода при исследовании процесса изнашивания, а также развития плазменных технологий формирования покрытий, анализа их фреттингостойкости и практической реализации полученных результатов в узлах трения двигателей летательных аппаратов (ДЛА) и энергоустановок (ЭУ).

Настоящая работа является продолжением исследований, начало которых и первые результаты были представлены в работе [3]. Получены характеристики фреттингостойкости покрытий, сформированных высокоскоростным электродуговым напылением сплава NiCrBSi: коэффициенты трения μ от 0.06 до 0.25 и величины объемного износа до $700 \times 10^3 \text{ мкм}^3$ при контактных нагрузках 5, 10, 15 Н и величинах смещения 5, 15, 25, 35 мкм и 45 мкм, и установлено, что образцы алюминиевого сплава АК4-1 с покрытием NiCrBSi обладают лучшими трибологическими характеристиками по сравнению с подложкой без покрытия в условиях фреттинг-изнашивания, в 2,5 раза увеличена обеспечиваемая покрытием стойкость к фреттинг-изнашиванию.

Анализ полученных петель фреттинга изношенных контактных поверхностей, позволил провести оценку механизмов изнашивания (износа и фреттинг-усталости), которые затем были окончательно подтверждены результатами анализа пятен износа, полученных на оптическом микроскопе при изменении величины смещения до 45 мкм и числа циклов фреттинга до 10^6 . Установлено, что в контактах трения с покрытиями из сплава NiCrBSi в режиме частичного скольжения одновременно наблюдаются изнашивание и фреттинг-усталость в поверхностных слоях покрытия в соотношениях, зависящих от нагрузки и величины смещения.

Основные результаты исследования трибологических характеристик покрытий NiCrBSi, полученных высокоскоростным электродуговым напылением, позволяют рекомендовать его в качестве эффективного метода формирования газотермических покрытий при условии использования порошковых проволок сверхмалого диаметра и высокоскоростной плазменной струи в производстве деталей узлов трения в авиационной и космической технике.

Список используемых источников:

1. Трение, изнашивание и смазка. Справочник. В 2-х кн./ Под ред. И.В. Крагельского и В.В. Алисина. — М.: «Машиностроение», 1979. — 400 с.
2. Петухов А. Н. Механизм фреттинга и фреттинг-усталость высоконагруженных малоподвижных соединений ГТД и ЭУ. — М.: ЦИАМ, 2008. — 204 с.
3. Астафьев Е.А., Тимофеев Н.С., Николаев И.А., Лесневский Л.Н., Сарбучев С.Н. Исследование трибологических характеристик покрытий NiCrBSi, полученных электродуговым напылением // Сборник тезисов 22-й Международной конференции «Авиация и космонавтика», 2023. С.65

Основы аддитивного производства ракетных двигателей твёрдого топлива

Дмитриев В.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Боровик И.Н.

МАИ, Москва

В технологическом плане на практике становится применим концепт мульти аддитивной печати [1] и по аналогии открывается возможность освоения качественно нового процесса по изготовлению аддитивными методами печати зарядов твердого топлива для ракетных двигателей. В ракетно-космической отрасли, перед комплексом ВПК ставится задача производить заряд за одну технологическую операцию с бронированием или корпусом ракеты.

В экономической плоскости необходимо наращивать объемы производства при снижении стоимости производства зарядов. Кроме этого, переход к фотополимерной печати зарядов в технологической плоскости позволяет выйти на новый уровень в ранее сложно решаемых.

В представленной работе использован метод аддитивной печати структур и материалов, проведение экспериментов над которыми (в т.ч. сжигание) позволяет подойти в плотную к технологическому решению задачи по получению заряда аддитивными методами, а также получения наилучшего результата по выравниванию «полки» на графике зависимости тяги (Р) от времени (τ) в смоделированном заряде. При выполнении работы были использованы фотополимерные смолы и материалы, имеющиеся в свободном доступе.

В работе последовательно моделируются и создаются мелкие серии печатных образцов из чистых фотополимерных смол, смеси смол с добавками окислительных веществ и мелкодисперсной пудры металлов. Каждый эксперимент направлен на наблюдение физико-химических свойств и накопление практического опыта для подготовки материально-технической базы для реализации, поставленной в рамках данной научной работы задачи. На предварительном этапе изысканий, в случае подтверждения перспективности выбранного метода производства образцов на практике, будет осуществлен переход к теоретическим выкладкам с последующим 3D моделированием структуры заряда с целью моделирования процесса горения по заранее прогнозируемому закону.

Получение модельного заряда аддитивным методом происходит быстрее, чем при использовании классических методов производства [2], кроме того появляется перспективная возможность «программирования» процесса горения за счет изменения соотношения компонентов в рамках упорядоченной гомогенизации внутри структуры объекта печати или в рамках слоевой системы.

Список используемых источников:

1. rtsd-public // hightech.plus. [Электронный ресурс]. М., 2024. URL: <https://hightech.plus/2023/02/17/razrabotana-tehnologiya-3d-pechati-litievih-batarei> (дата обращения: 01.03.2024).

2. Технология производства ракетно-прямоточных двигателей на твердом топливе Москва издательство МГТУ им. Баумана 2019 — 286 с.

Перспективы применения многослойных термобарьерных покрытий для карбид кремниевых деталей

Катанов М.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Савушкина С.В.

МАИ, Москва

Термобарьерные покрытия на основе высокотемпературных оксидов в двигателестроении в основном используют как для защиты лопаток турбин газотурбинных двигателей, а также исследуется применение данных покрытий для защиты камер сгорания жидкостных ракетных двигателей. Во многих работах показано увеличение термоциклической стойкости таких покрытий при переходе к многослойной структуре.

В настоящее время существует тенденция к созданию деталей ГТД, работающих в условиях высоких температур, из керамики. Материалы на основе карбида кремния

планируется в ближайшей перспективе применять не только в авиационно-космической, но и в энергетической сфере, в частности в деталях силовых установок. Карбид кремния обладает высокой коррозионной и термической устойчивостью, однако имеет низкую эрозионную стойкость при работе в газовой среде. Для обеспечения газонепроницаемой защиты от проникновения пара в водосодержащих средах при нанесении ЭПК отдается предпочтение низкой пористости. В связи с этим существует потребность в разработке эрозионностойких покрытий для SiC деталей, которые сделают возможной долгосрочную, ресурсную и эффективную работу деталей из карбида кремния в составе силовых установок и в составе газотурбинных двигателей в частности.

Эрозионностойкие покрытия для SiC деталей планируется разрабатывать по аналогии с многослойными покрытиями NiCoCrAlY/YSZ/YSH и NiCoCrAlY/YSZ+NiCoCrAlY/YSZ/YSZ+YSH/YSH. Многослойная структура покрытий в случае с керамическими деталями необходима, поскольку коэффициент термического расширения керамики крайне мал по сравнению с материалами покрытия. Для нормализации напряжений от расширения при нагреве необходима многослойная структура, которая способна распределить напряжения от расширения по толщине покрытия, что предотвратит преждевременное растрескивание и выход покрытия из строя.

Как уже было доказано в предыдущих работах на данную тематику, пятислойная структура покрытия приводит к снижению термических напряжений при термоциклических испытаниях. Однако, в процессе термоциклических испытаний происходит постепенное ухудшение теплового сопротивления покрытий, что связано с увеличением теплопроводности, вызванного высокотемпературным спеканием структуры, без формирования микротрещин. Основной задачей при разработке эрозионностойких многослойных покрытий для деталей из SiC является подбор материалов покрытия, которые будут обеспечивать необходимые для работы детали свойства по защите подложки, обеспечивать совместимость материала подложки и покрытия, не будут требовать разработки новых технологий и способов нанесения покрытий на подложку.

Список используемых источников:

1. Noor-A-Alam M., Choudhuri, A.R., Ramana C.V. Effect of composition on the growth and microstructure of hafnia–zirconia based coatings//Surface & Coatings Technology. — 2011. — V. 206. — P. 1628–1633.
2. Savushkina S., Polyansky M., Vysotina E., Ashmarin A., Tkachenko N. Formation and investigation of nanocomposite gradient coating with upper layer of hafnia// Surface & Coatings Technology. — 2019. — V. 361. — P. 212–221.
3. Thibblin A., Jonsson S., Olofsson U. Influence of microstructure on thermal cycling lifetime and thermal insulation properties of yttria-stabilized zirconia thermal barrier coatings for diesel engine applications// Surface & Coatings Technology. — 2018. — V. 350. — P. 1–11.
4. Tejero-Martin D. et al. Interaction of CMAS on thermal sprayed ytterbium disilicate environmental barrier coatings: A story of porosity //Ceramics International. — 2022. — T. 48. — №. 6. — С. 8286–8296.

Определение трибологических характеристик покрытий TiN-Cu-In

Козлов Д.А., Катанов М.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Савушкина С.В.

МАИ, Москва

Разработка и применение твердых смазочных покрытий (ТСП) решает задачу повышения износостойкости пар трения авиационных двигателей и силовых установок, как при высоких рабочих температурах, так и при высоких контактных давлениях. Такие покрытия могут быть как на основе металлов, так и с керамической матрицей, к примеру на основе TiN [1-2]. В последнее время при формировании керамических ТСП интерес вызывают добавки в них мягких металлов, например, таких как Pb [3], Cu и In [2]. В данной работе исследовали характеристики композитных ТСП на основе керамической матрицы TiN с добавками меди и индия.

Толщины покрытий системы TiN-Cu-In, полученных методом магнетронного напыления, составляли приблизительно 1.5 мкм. Элементный состав покрытия был изучен с помощью энергодисперсионного рентгеноструктурного анализа. Трибологические свойства покрытия были определены с использованием следующих машин и оборудования. Измерения объемного износа и визуальная оценка фреттинговых повреждений были выполнены с использованием оптического конфокального микроскопа Olympus LEXT OLS 5000. Этот микроскоп позволяет измерить шероховатость поверхности, определить глубину и объем пятен износа, а также оценить количество материала, перенесенного с образца на контртело. Износостойкость и сопротивление фреттингу образца определяли с помощью специальной машины трения 1401, которая реализует возвратно-поступательный метод перемещения образца с различными типами контакта. Используемое контртело — сфера диаметром 12,6 мм из стали ШХ-15.

Испытания проводили при следующих параметрах нагружения: перемещении 15 мкм; нормальной нагрузки в контакте 1 Н; частоте перемещения 20 Гц; количестве циклов $n = 5 \cdot 10^4$. После окончания эксперимента были исследованы места износа и визуально оценены повреждения с помощью оптического конфокального микроскопа.

В проведенных трибологических испытаниях наименьший коэффициент трения (~ 0.20) показан покрытием TiN с содержанием меди — 11% и индия — 4%. Коэффициент трения практически не изменяется в течение 50000 циклов испытаний. Близкие характеристики получены для покрытий с содержанием Cu — 32 и 37 % и In — 6 и 4%. Для них установившееся значение коэффициента трения составляет ~ 0.22 . Наибольший коэффициент трения, полученный для ТСП, составляет ~ 0.25 . Для этих образцов покрытий характерно высокое содержание меди (более 30%) и достаточно низкое титана (менее 18%), что говорит о меньшей нитридной составляющей в структуре и меньшей твердости. По величинам коэффициентов трения полученные в работе значения значительно ниже, чем для нитрида титана ($\sim 0.75\text{--}0.9$), что связано с наличием мягких металлов в покрытиях. Микротвердость исследуемых покрытий составляла 240–270 HV.

В результате испытаний в пятнах износа получен характерный сдвиговой рельеф покрытий вдоль направления движения контртела, что связано с присутствием в покрытиях Cu и In. Сравнение объемного износа покрытий и переноса материала с контртела показало, что для большинства покрытий наблюдался существенный перенос материала с контртела — стали, что проявлялось в увеличении высоты пятен износа относительно основного покрытия. Однако на графиках зависимостей коэффициента трения значительных изменений не происходило. Массоперенос может связан как с разрушением покрытия, так и химическим взаимодействием подложки с контртелом. Наименьшим объемным износом характеризуются покрытия с высоким содержанием Ti (более 25%) и содержанием Cu 7 — 12% и In 3 — 5%.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 22-19-00754).

Список используемых источников:

1. Лесневский Л.Н., Тюрин В.Н., Ушаков А.М. Способ формирования композитных твердосмазочных покрытий на рабочих поверхностях узлов трения. Патент на изобретение №2416675 от 20.04.2011. — 7 с.
2. Лозован А.А., Савушкина С. В., Ляховецкий М. А., Кубатина Е. П., Николаев И. А. Исследование структуры и трибологических характеристик покрытия системы TiN—Cu с добавками In и Sn// Деформация и разрушение материалов. № 9, 2023, С. 11-20, DOI: 10.31044/1814-4632-2023-9-11-20
3. Лозован А.А., Бедофен С.Я., Савушкина С.В., Ляховецкий М.А., Лесневский Л.Н., Николаев И.А., Павлов Ю.С., Кубатина Е.П., Агуреев Л.Е. Исследование структуры и механизмов изнашивания твердых смазочных покрытий системы TiN—PB // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2023. № 8. С. 64–73.

Анализ методов постобработки деталей и сборочных единиц, произведённых методом селективного лазерного сплавления

Кувакин Д.М., Молебников Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Селиверстов С.Д.

МАИ, Москва

В настоящее время технология селективного лазерного сплавления, (СЛС), является передовой на рынке методов производства деталей машин и сборочных единиц (ДСЕ) сложной формы [1]. К преимуществам данного метода производства можно отнести возможность изготовления ДСЕ, производство которых невозможно традиционными методами формообразования (субтрактивные, формативные методы), облегчение конструкции, одновременное производство из различных материалов, а также сокращение цикла производства изделия [2].

Однако, одной из основных проблем данного метода является невозможность формирования поверхности необходимой структуры. После СЛС наблюдается высокая шероховатость поверхности изделия, что обусловлено как особенностями синтеза порошкового материала, так и послойного выращивания в целом [3]. В связи с этим, актуальным остается вопрос о постобработке ДСЕ, полученных методом СЛС.

В работе представлен анализ существующих методов постобработки ДСЕ, изготовленных методом СЛС из различных металлов [4–6]. Наиболее распространены методы механической обработки (шлифовка, полировка), которые являются недостаточно производительными, а в ряде случаев невозможными к применению. Методы химической и электрохимической обработки позволяют проводить объемное снижение шероховатости, а также позволяют обрабатывать труднодоступные элементы изделий (малые отверстия, полости, внутренние каналы и пр.). Также можно выделить лазерные методы обработки, которые в ряде случаев могут быть неким компромиссом между механической и химической/электрохимической обработкой благодаря высокому уровню автоматизации и возможности точечного воздействия. Проведенный патентный поиск [7–9] показывает, что используемые сегодня методы постобработки ДСЕ после СЛС требуют значительной доработки в части отработки режимов обработки наружных и внутренних поверхностей для достижения не только предсказуемых, но и постоянных результатов.

Практическая часть работы направлена на отработку режимов для двух технологий: химической и лазерной полировки.

Список используемых источников:

1. Kumari S. et al. Industrial and market opportunities in hybrid additive manufacturing // *Innovation and Emerging Technologies*. — 2023. — Т. 10. — С. 2340002.
2. Селиверстов С. Д. и др. Лазерная наплавка тепловых аккумуляторов для ёмкостного охлаждения малоразмерных ЖРД // 18-я Международная конференция «Авиация и космонавтика–2019». — 2019. — С. 68–68.
3. Селиверстов С.Д. Конструкторско-технологическое совершенствование обогреваемых лопаток входных направляющих аппаратов ГТД, получаемых методом селективного лазерного сплавления: Дис. ... канд.техн.наук: 05.07.05 / С.Д. Селиверстов. — М., 2021. — 125 с.
4. Шибасев Б.А., Балмасов А.В. Электрохимическое полирование конструкционных легированных сталей // *Гальванотехника и обработка поверхности*. 2019. № 2.

Влияние длительности импульса лазерного излучения на характеристики поверхностного слоя титанового сплава ВТ6, обработанного методом лазерного ударного упрочнения

Токачев Д.А., Королев Д.Д., Забенько Е.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ляховецкий М.А.

МАИ, Москва

Титановые сплавы активно применяются в авиационной промышленности, в частности титановый сплав ВТ6 используется при производстве компрессорных лопаток ГТД. Рабочие лопатки подвержены воздействию знакопеременных нагрузок, которые приводят к усталостному разрушению детали, помимо этого процесс разрушения усугубляется

дефектами на поверхности лопаток, которые возникают в результате попадания посторонних предметов в тракт двигателя.

Для повышения усталостной прочности на производстве, в основном, используют методы упрочнения поверхностного слоя детали с помощью дробеударных методов. В работе исследовался метод лазерного ударного упрочнения, который превосходит дробеударные методы по получаемым характеристикам в поверхностном слое.

В работе приводятся результаты исследование характеристик поверхностного слоя образцов из титанового сплава ВТ6 после лазерного ударного упрочнения с различной длительностью импульса: 40 и 60 нс.

Для обработки использовались образцы из сплава ВТ6 диаметром 22 мм и толщиной 4 мм. Исследование характеристик поверхностного слоя проводилось на микротвердомере ПМТ-3М по ГОСТ 9450-76. Распределение деформаций по глубине и на поверхности от лазерного импульса измерялось на конфокальном лазерном микроскопе Olympus LEXT OLS-5000.

По результатам исследований было выявлено, что при времени импульса 40 нс значение глубины деформации ниже чем при 60 нс. При исходных диаметрах излучения 1 и 1,4 мм, независимо от времени импульса диаметры деформационного пятна совпадают. Помимо этого, из исследований микротвёрдости было получено, что при времени импульса в 40 нс и 60 нс микротвёрдость имеет одинаковые значения.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования России №FSFF-2023-0006.

Список используемых источников:

1. Zhang H. et al. Fatigue crack growth in residual stress fields of laser shock peened Ti6Al4V titanium alloy //Journal of Alloys and Compounds. — 2021. — Т. 887. — С. 161427.
2. Bai Y. et al. Life cycle strengthening of high-strength steels by nanosecond laser shock //Applied Surface Science. — 2021. — С. 151118.
3. Siddaiah A. et al. Influence of laser shock peening on the surface energy and tribocorrosion properties of an AZ31B Mg alloy //Wear. — 2020. — Т. 462. — С. 203490.
4. М.А. Ляховецкий, М.В. Волков, И. С. Сарбучев, Г.Г. Ширваньянц. Сравнительное исследование остаточных напряжений на титановом сплаве ВТ6, обработанном методами лазерного ударного упрочнения и дробеструйной обработки. Международная научно-техническая конференция по авиационным двигателям ICAM 2020: сборник тезисов / Государственный научный центр РФ «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова». — М. : ЦИАМ им. П.И. Баранова, 2020. С. 570–572

Исследование влияния радиального распространения плазмы при численном моделировании лазерного ударного упрочнения титанового сплава Ti6Al4V

Трегулов Д.Ф., Кожевников Г.Д.

Научный руководитель — к.т.н. Ляховецкий М.А.

МАИ, Москва

Ресурс, надежность и экономичность — одни из основных требований, которые необходимо улучшать при создании современных двигателей летательных аппаратов.

Одним из факторов, существенно влияющих на ресурс и надежность двигателя в процессе эксплуатации является усталостное разрушение элементов ГТД, основными причинами которого является образование и развитие поверхностных трещин под действием знакопеременных нагрузок. На поверхностные дефекты существенное влияние оказывает качество поверхностного слоя.

На сегодняшний день на отечественных предприятиях для улучшения усталостной прочности детали подвергаются дробеударным методам обработки, в результате которых образуется слой сжимающих остаточных напряжений. Однако, этот метод имеет ряд недостатков. Альтернативным методом обработки является лазерное ударное упрочнение (ЛУУ). Суть метода заключается в образовании в поверхностном слое остаточных напряжений с помощью холодного деформирования плазмой высокого давления.

Образовавшиеся сжимающие остаточные напряжения помогают повысить усталостную долговечность обработанного материала, замедляя зарождение трещины и замедляя ее распространение.

Важным технологическим отличием этих процессов, является то, что процесс ЛУУ является импульсно-периодическим, значит после каждого воздействия лазером формируется новое напряженно-деформированное состояние (НДС). В таком случае возникает необходимость использования математической модели для прогнозирования НДС.

Численное моделирование ЛУУ заключается в предварительном расчете плазмы в ограниченном канале и последующем конечно-элементном анализе распространения ударной волны в материале.

В большинстве мировых работ в качестве модели распространения плазмы используется одномерная модель Фаббро [1], не учитывающая радиального распространения плазмы. Однако согласно экспериментальным данным, данный эффект необходимо учитывать.

В работе рассматривается сравнительная оценка двух моделей поведения плазмы в ограниченном канале, используемых при моделировании ЛУУ: без учета радиального распространения Фаббро и РМ [2]. В качестве материала был выбран титановый сплав Ti6Al4V. В качестве модели поведения материала использовалась модель Johnson-Cook [3], подходящая для быстропротекающих процессов. Расчет распространения ударной волны, вызванной высоким давлением, приходящим со стороны лазерно-индуцированной плазмы, проводится с помощью конечно-элементного анализа (КЭА) в связке ПК Ansys — LS-Dyna, из чего мы получаем НДС детали.

В результате исследования было оценено влияние изменения размера фокального пятна на величину и глубину залегания остаточных напряжений и деформаций.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования России NoFSFF-2023-0006.

Список используемых источников:

1. Fabbro R. et al. Physical study of laser-produced plasma in confined geometry //Journal of applied physics. — 1990. — Т. 68. — №. 2. — С. 775-784.
2. Rondepierre A. et al. Beam size dependency of a laser-induced plasma in confined regime: Shortening of the plasma release. Influence on pressure and thermal loading //Optics & Laser Technology. — 2021. — Т. 135. — С. 106689.
3. Kay G. Failure modeling of titanium-6Al-4V and 2024-T3 aluminum with the Johnson-Cook material model. — Lawrence Livermore National Lab., CA (US), 2002. — №. UCRL-ID-149880.

Секция №2.4 Испытания и сертификация ДЛА

Разработка стенда для градуировки приёмников полного и статического давлений

Архицкая К.А.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Афанасьев В.А.

МАИ, Москва

Экспериментальная отработка современных газотурбинных двигателей (ГТД) связана с необходимостью измерения скорости газового потока с использованием приемников статического и полного давлений по тракту ГТД с заданной точностью.

Основным средством измерения параметров потока газа являются приемники полного и статического давления, получившие название «гребенки» [1]. Так как гребенки являются средством измерения, не включенным в Госреестр «Аршин», то необходимо проводить градуировку, которая осуществляется в аэродинамических установках (аэродинамических трубах). В работе представлены результаты разработки аэродинамической трубы для определения действительных аэродинамических характеристик приемников полного и статического давлений и направления воздушного потока.

Стенд для градуировки приемников полного и статического давлений может быть использован для градуировки различных измерительных систем разрабатываемых и используемых для измерения полных и статических давлений в широком диапазоне скоростей набегающего газового потока [2].

В работе была поставлена цель разработать стенд, позволяющий получить эталонную струю газового потока с относительной скоростью λ от 0,3 до 0,9.

Для этого были решены следующие задачи:

- 1) Выбрана принципиальная схема стенда для градуировки приемников давления с дозвуковыми скоростями;
- 2) Проведен расчет основных элементов стенда с учетом требований, предъявляемых к средствам измерения скорости газового потока;
- 3) Предложено конструктивное решение средства позиционирования приемников полного и статического давлений в эталонной струе газового потока.

Список используемых источников:

1. Агульник А.Б., Афанасьев В.А., Ланшин А.И., Монахова В.П., Тушавина О.В. Газодинамические и ударные испытания элементов конструкции двигателей летательных аппаратов, Учебное пособие к лабораторным работам. — М.: Изд-во МАИ 2016. — 96 с.: ил.
2. Афанасьев В. А., Монахова В.П., Мухина С.Д., Версин А.А., Назырова О.Р., Болховитин М.С. Разработка экспериментальных средств для градуировки приемников давления, Труды МАИ. 2017. № 95. с. 16.
3. Афанасьев В.А., Монахова В.П., Мухин А.Н., Заранкевич И.А., Назырова О.Р., Версин А.А. Разработка системы позиционирования для обеспечения точности угловых и линейных перемещений, Журнал «Вестник метролога» №3, 2019. — с. 5–9.
4. Афанасьев В. А., Барсуков В. С., Гофин М. Я. и др. Экспериментальная отработка космических летательных аппаратов, Москва Из-во МАИ 1994 г. с. 412

Сравнительный анализ методов выделения тональных компонент в шуме винтов и открытых роторов

Бражкин А.В.

Научный руководитель — Беляев И.В.

ЦАГИ, Жуковский

При анализе шума винтовых и винтовентиляторных силовых установок летательных аппаратов выделяют различные по происхождению источники шума — периодические и случайные. Периодические источники связаны с детерминированным вращением лопастей и

приводят к появлению тонального шума, в то время как случайные источники шума определяются турбулентным течением (взаимодействием передней кромки лопасти с набегающей турбулентностью или взаимодействием задней кромки с турбулентностью, сходящей с лопасти) и приводят к появлению широкополосного шума.

При этом сравнительные уровни тональной и широкополосной компонент шума зависят от геометрии лопастей, режима и условий работы винта. Хотя тональный шум является наиболее характерной особенностью винтов и винтовентиляторных силовых установок, он может быть замаскирован высоким уровнем широкополосного шума, особенно если речь идет не о частоте следования лопастей, а о ее гармониках и субгармониках.

Выделение тонального шума на фоне высокого широкополосного является важной задачей для валидации методов моделирования шума винтов, для исследования акустической заметности летательных аппаратов и для оценки воздействия летательных аппаратов на население.

На данный момент разработано несколько методов выделения тонального шума. В данной работе проводится сравнительный анализ этих методов применительно к тестовым сигналам и экспериментальным данным по шуму для одиночного винта диаметром 30 см в заглушенной камере АК-2 ЦАГИ и для открытого ротора диаметром 64 см, измеренного в АДТ Т-104 ЦАГИ в рамках европейского проекта DREAM. Особое внимание при этом уделяется рассмотрению методов выделения тонального шума, которые не требуют датчика оборотов.

По результатам проведенного исследования было получено, что при высоком уровне тональных компонент (уровень тональных гармоник более чем на 3-5 дБ превышает уровень широкополосного шума) ряд методов, в частности корреляционные методы и методы на основе собственного ортогонального разложения (POD), позволяют уверенно разделить тональную и широкополосную компоненты шума как для одиночных винтов, так и для открытого ротора. По мере снижения относительного уровня тонального шума ошибка методов разделения компонент шума возрастает.

Особенности подтверждения метрологических характеристик рабочего эталона скорости воздушного потока

Версин А.А.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Афанасьев В.А.
МАИ, Москва

Для подтверждения метрологических характеристик рабочего эталона скорости воздушного потока применяют несколько методов, а именно:

- 1) Проведение утверждения типа средства измерения Приказ № 2905 с последующей поверкой в качестве рабочего эталона согласно Приказа № 2510;
- 2) Проведение аттестации на эталон единицы величины ПП РФ № 734.

В большинстве случаев Приказом № 2905 руководствуются при утверждении типа рабочих эталонов, которые в будущем могут применяться как рабочие средства измерения, и в качестве эталонов для передачи единицы величины. Также, преимуществом данного подхода является утверждение типа серийного производства, т.е. выданный сертификат с описанием типа будет распространяться на все описанные в данном документе средства измерения, которые будут произведены в срок его действия. Главным минусом такого подхода будет являться дороговизна и долгосрочность проведения таких испытаний.

После проведения испытаний средства измерения, Росстандарт приказом утверждает тип средства измерения и выдает сертификат с описанием типа.

Далее, для подтверждения метрологических характеристик средства измерения, необходимо провести его поверку в качестве рабочего эталона. При положительных результатах поверки, сведения о результатах передаются в информационный фонд по обеспечению единства измерения, и оформляется протокол поверки.

Для подтверждения метрологических характеристик через аттестацию по Постановлению Правительства Российской Федерации № 734, техническое устройство в будущем будем применяться только в качестве эталона единицы величины.

Для аттестации не нужно проводить испытания, но необходимо разработать методику аттестации и документы на сам эталон, после чего проходит процедура первичной аттестации.

Список используемых источников:

1. Приказ Минпромторга России № 2905 от 28.08.2020 г. «Об утверждении порядка проведения испытаний стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа, порядка утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений, внесения изменений в сведения о них, порядка выдачи сертификатов об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений, формы сертификатов об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений, требований к знакам утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений и порядка их нанесения»;

2. Приказ Минпромторга России № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке»;

3. Постановление Правительства Российской Федерации от 23 сентября 2010 г. № 734 «Об эталонах единиц величин, используемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений».

Разработка испытательного стенда для малоразмерных газотурбинных двигателей

Вишня И.С., Тамахин А.А., Кострубин А.С.

Научный руководитель — Кашеев И.С.

МАИ, Москва

В современном мире малоразмерные газотурбинные двигатели (мГТД) играют важную роль в различных областях, благодаря своей компактности и высокой мощности. Для оценки характеристик разрабатываемого мГТД и экспериментальной доводки двигателя необходима испытательная база. С помощью проводимых испытаний на стендах можно оптимизировать конструкцию мГТД, выявляя потенциальные проблемные места конструкции или систем [1, 2].

В работе представлено проектирование и конструирование испытательного стенда малоразмерных газотурбинных двигателей (мГТД). В ходе работы была предложена схема топливной системы, силовой набор стенда, конструкция токоизмерительной тележки и система управления стендом. Основной целью работы является разработка универсального и функционального испытательного стенда, способного проводить испытания мГТД с тягой до 500Н [3].

Топливная система стенда состоит погружного топливного насоса, расходомера, дроссельного клапана и системы управления. Механизм управления системой основан на регулировании расхода топлива, обеспечивая гибкость для различных режимов работы двигателя. Конструкция топливной системы включает топливный фильтр, обратный клапан и клапан сброса давления для обеспечения безопасной и безотказной работы во время проведения испытаний [4]. Измерительная система включает датчики температуры, давления, частоты вращения ротора и тяги двигателя, интегрированные в программную среду LabVIEW для автоматизированного тестирования и сбора данных.

Конструкция испытательного стенда состоит из прочной стальной рамы-основания и анодированными алюминиевыми профилями для удобства крепления различного оборудования и токоизмерительной тележки. Система аварийного отключения, состоящая из электромагнитных клапанов, обеспечивает дополнительный уровень безопасности.

Разрабатываемый испытательный стенд служит инструментом для исследователей и инженеров в продвижении технологии мГТД, позволяя проводить тщательное тестирование и валидацию новых конструкций и конфигураций мГТД.

Список используемых источников:

1. Разработка испытательного стенда для малоразмерных газотурбинных двигателей / М. С. Болховитин. — Текст: электронный // Труды МАИ: [Электронный ресурс]. — URL: <https://trudymai.ru/upload/iblock/25c/bolkhovitin> (дата обращения: 06.03.2024).
2. Малоразмерный газотурбинный двигатель со свободной турбиной и теплообменником системы регенерации тепла в классе мощности 200 л.с. / Осипов И. В., Ремчуков С. С.
3. Разработка и анализ характеристик двухконтурного малоразмерного воздушно-реактивного двигателя / Боровик И. Н., Боровиков Д. А., Ионов А.В., Тезиков С.Е. — Текст: электронный // МАИ: [Электронный ресурс]. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_41868983_71962563.pdf (дата обращения: 06.03.2024).
4. Жуков К. А., Углов Б. А., Топливные и масляные системы летательных аппаратов: учебное пособие: Куйбышев, 1990. — 104 с. — Текст: непосредственный.

Условия и возможность использования метода лазерного зондирования металлических поверхностей в авиационной промышленности

Гривизирский П.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Батанов М.С.

МАИ, Москва

Целью данной работы является обоснование возможности использования метода лазерного зондирования в авиации, с целью выявления микроструктуры поверхности металлических поверхностей. Для обоснования возможности применения описаны два основных условия.

Объектом исследования выбираются различные металлические поверхности.

Актуальность работы заключается в том, что неправильная, или недостаточная обработка поверхности деталей в современной промышленности, в частности авиационной, напрямую влияет на качество выпускаемых деталей. Используемый метод оценки параметров шероховатости поверхности деталей лазерным зондированием является бесконтактным и точным методом, из существующих сегодня, но при учетывании двух основных условий, которые описаны в данной работе.

Лазерное излучение является видом физической энергии, не встречающимся в природных источниках света. Оно вырабатывается специальными приборами — оптическими квантовыми генераторами (ОКГ), получившими название — лазер.

Некоторые материалы и газы способны излучать более одной длины волны. Длина волны излучаемого света в этом случае зависит от оптической конфигурации лазера.

Длина волны может составлять около нескольких тысяч нанометров и больше. Чем ближе к ультрафиолетовой области, тем она короче. Может достигать сотен нанометров и меньше.

Многие из этих длин волн относятся к видимому спектру, что означает, что их можно увидеть невооруженным глазом:

- свет с длиной волны 400 нм выглядит фиолетовым;
- свет с длиной волны 450 нм — синим;
- оранжевый — 585-620 нм;
- длина волны 650-700 нм имеет красный цвет.

В работе упоминается несколько ГОСТов по теме шероховатости поверхности, и отдельно ГОСТ 9378-93, в котором приводятся предпочтительные ряды номинальных значений параметра R_a шероховатости поверхности образца в зависимости от способа обработки поверхности, а также базовые длины для оценки шероховатости поверхности.

Приведены два рисунка, иллюстрирующие процесс исследования металлической поверхности, указаны два главных условия выполнения анализа поверхности.

В конце работы приведены две диаграммы рассеяния микрочастиц при распределении х-квадрат высот неровностей, и экспоненциальном распределении, для наглядного представления, как может выглядеть функция плотности распределения вероятности на графике.

Список используемых источников:

1. ГОСТ 25142-82 (СТ СЭВ 1156-78) «Шероховатость поверхности. Термины и определения», М.: Стандартиформ, 2018.
2. ГОСТ 9378-93 (ИСО 2632-1-85, ИСО 2632-2-85) «Образцы шероховатости поверхности (сравнения). Общие технические условия», Минск, ИПК Издательство стандартов, 2002.
3. ГОСТ Р 70117—2022 2022 «Шероховатость поверхности. Рекомендации по выбору», М.: Российский институт стандартизации, 2022.
4. Научная статья, М. С. Батанов, «Объемные диаграммы упругого рассеяния микрочастиц на однослойных и многослойных статистически неровных поверхностях», 2020 г.

Методика проведения исследований на экспериментальной установке критического истечения порошковых материалов в камеру сгорания ракетных и прямоточных двигателей

Доткин Г.А., Зорин М.Д.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Малинин В.И.

ПНИПУ, Пермь

Изучение гранулированного топлива (ГТ) показало возможность его применения в различных двигательных установках (ДУ), таких как ракетный и ракетно-прямоточный двигатели. Но для подачи такого вида топлива в камеру сгорания (КС) ДУ необходимо использовать новую систему, описанную в работах [1, 2]. Ее отличительные особенности — обеспечение критического режима истечения порошково-газовой среды, низкий расход газа (2...3 % от общего массового расхода) и защита топливного бака и устройства регулирования расхода порошка (УРР) от интенсивных тепловых потоков, исходящих от камеры сгорания. На сегодняшний день прогнозирование поведения гранул топлива при насыщении газом во время подачи в КС и выбор параметров системы подачи остается сложной задачей ввиду отсутствия экспериментальной базы и методики проведения исследований.

Разработанная экспериментальная установка по исследованию критического истечения порошковых и гранулированных материалов предназначена для имитации подачи ГТ в КС ДУ, изучения процессов в системе подачи, определения оптимальных параметров УРР [3]. Целью данной работы является составление методики исследований по определению оптимальных параметров новой системы подачи и УРР.

Одиночный эксперимент происходит в следующей последовательности: при помощи запорно-регулирующей арматуры настраиваются давления в различных областях установки, включается регистрация измеряемых параметров на автоматизированном рабочем месте, открывается перепускной клапан; в течение 5...10 секунд происходит подача порошково-газовой смеси в приемную емкость, после чего посредством закрытия перепускного клапана эксперимент останавливается. При этом измеряемые параметры регистрируются с частотой 10 Гц, на каждом временном шаге определяются расчетные параметры. Оценка проведенного эксперимента происходит по осредненным параметрам во временном промежутке, критерий выбора которого — стабилизация параметров.

Первая задача, решаемая при проведении экспериментальных работ на установке — получение зависимости критического отношения давлений на входе и выходе из форсунки УРР (далее критическое отношение давлений) от давления перед входным отверстием форсунки УРР (далее давление на входе). Предполагается, что качественный вид полученных зависимостей будет совпадать с результатами экспериментов по подаче порошка АСД в КС реактивного двигателя [4]: степенная функция с показателями 0,5 и 1,5 для порошка и газа соответственно. Однако количественные результаты будут отличаться, так как порошок ГТ мультидисперсен, а его частицы имеют неправильную геометрическую форму. Стоит отметить, что в классической газодинамике критическое отношение давлений не зависит от давления на входе.

Зависимость критического отношения давлений от давления на входе определяется следующим образом: при заданном давлении на входе путем изменения давления в приемной

емкости (на выходе) определяется зависимость удельных расходов газа и порошка от отношения давлений; при некотором отношении давлений возникает снижение удельных расходов — данное значение является критическим. Далее с целью уточнения искомого значения проводится еще несколько экспериментов с меньшим шагом отношения давлений в найденной окрестности. Данная процедура проводится для различных давлений на входе, из полученных результатов строится зависимость критического отношения давлений от давления на входе. Описанная последовательность действий проводится для всех форсунок, изготовленных для экспериментальной установки.

Вторая задача — определение дроссельных характеристик (ДХ) удельных расходов инертного газа и порошка ГТ в зависимости от геометрических характеристик форсунки — площади критического отверстия и угла конусности. Предполагается, что при достижении некоторых значений геометрических характеристик удельные расходы перестанут изменяться — такая геометрия форсунок является оптимальной.

Построение ДХ удельных расходов и определение оптимальной геометрии форсунки производится следующим образом: при заданных давлениях на входе и выходе из форсунки производится 5...10 экспериментов, полученные результаты усредняются, данная процедура повторяется для каждой геометрической конфигурации. Затем при помощи метода наименьших квадратов строятся ДХ, при этом по оси абсцисс откладываются площадь критического отверстия и угол конусности, по оси ординат — удельные расходы. Определяются оптимальные геометрические характеристики форсунки при наличии «полки» ДХ — участка, на котором не происходит существенного изменения удельных расходов в зависимости от геометрических характеристик.

Таким образом, описанная выше программа и методика проведения экспериментов позволит отработать конструкцию системы подачи ГТ в КС ракетных двигателей, определить зависимость критического отношения давлений от давления на входе, определить оптимальные геометрические характеристики форсунок и построить ДХ удельных расходов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-29-00285, <https://rscf.ru/project/24-29-00285/>.

Список используемых источников:

1. Ракетный двигатель на гранулированном твердом топливе / А.В. Елькин, Е.С. Земерев, В.И. Малинин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. — 2021. — № 64.
2. Доткин Г.А. Анализ возможности применения различных составов гранулированного твердого топлива в ракетно-прямоточных двигателях / Г.А. Доткин, М.Д. Зорин, В.И. Малинин // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. — 2023. — № 74.
3. Разработка экспериментальной установки критического истечения порошковых материалов / М.Д. Зорин, В.И. Малинин, Г.А. Доткин // Аэрокосмическая техника, высокие технологии и инновации — 2023 : Материалы XXIV Всероссийской научно-технической конференции
4. Земерев, Е. С. Критическое истечение сыпучих материалов в пневмотранспортной системе подачи порошков: специальность 05.17.08 : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Е.С. Земерев, 2017.

Метрологическое обеспечение испытательного стенда для определения тяги жидкостного ракетного двигателя

Жигалов О.С.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Афанасьев В.А.

МАИ, Москва

Метрологическое обеспечение испытательного стенда для определения тяги жидкостного реактивного двигателя связано с проведением огневых испытаний. Основным видом испытаний на огневых стендах являются испытания двигателей в сборе. В процессе этих

испытаний каждый узел работает в условиях, аналогичных эксплуатационным, при этом автоматически учитывается влияние узлов друг на друга. При проведении этих испытаний определяются действительные характеристики ЖРД и их стабильность в течении заданного ресурса, оценивается его надёжность и работоспособность при эксплуатации в составе двигательной установки.

Одной из важнейших задач при испытаниях по определению тяги ЖРД является получение достоверных результатов измерений, что связано с правильным метрологическим обеспечением измерительных систем испытательного стенда. Такие испытания ЖРД относятся к разряду огневых испытаний и проводятся с целью подтверждения заявленных параметров двигателя по тяге. Так как продолжительность работы ЖРД может колебаться от нескольких секунд до нескольких минут, то необходимо:

1. Максимально автоматизировать процесс управления и измерения;
2. Обеспечить необходимую безопасность, связанную с применением высокоактивного топлива, которое может привести к аварийному исходу испытаний (пожар, взрыв, токсичные выхлопы).

В связи с этими пунктами, испытания должны быть высокоинформативными. Так, например, при зарубежных огневых испытаниях одного из типов ЖРД измерялось 575 параметров.

В настоящей работе рассматривается система измерения тяги ЖРД, представлены основные системы измерения тяги с допускаемой погрешностью измерений 0,5%. В данной работе представлены результаты калибровки средств измерения силы (тяги) возникающей при огневых испытаниях ЖРД.

Список используемых источников:

1. Галеев А.Г., Золотов А.А. Эксплуатация испытательных комплексов ракетно-космических систем. — М.: МАИ, 2007. — 260 с.: ил.
2. Марчуков Е.Ю., Онищик И.И. Испытания и обеспечение надёжности авиационных двигателей и энергетических установок. — М.: МАИ, 2004. — 336 с.
3. Григорьев В.А., Кузнецов С.П., Гишваров А.С., Белоусов А.Н. Испытания авиационных двигателей. — М.: Машиностроение, 2009. — 504 с.
4. 4. Афанасьев В. А., Барсуков В. С., Гофин М. Я. и др. Экспериментальная отработка космических летательных аппаратов. — М.: МАИ, 1994. — 412 с.

Системы инновационного менеджмента на предприятиях аэрокосмической отрасли

Карева А.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Карепин П.А.
МАИ, Москва

В разных отраслях российской промышленности на протяжении многих лет наблюдалось значительное техническое отставание от зарубежных компаний-конкурентов. Данная тенденция возникла, в частности, из-за низкой инновационной активности, что указывает на большое значение инноваций в условиях современной рыночной экономики.

Отдельно рассматривая современную отечественную авиационную отрасль необходимо отметить значительные благоприятные изменения, которые произошли за последние несколько лет. К примеру, Правительство РФ в рамках исполнения поставленных Президентом задач развития авиастроительной промышленности утвердило инвестиционный проект, который позволит расширить узкие места в изготовлении воздушных судов, двигателей, агрегатов и приборов. Глава правительства в ходе оперативного совещания с вице-премьерами, которое состоялось 15 января 2024 г., заострил внимание на том, что данная программа также предполагает увеличение производства изделий авиакосмического назначения. Именно поэтому сейчас очень актуальна проблема создания системы инновационного менеджмента на предприятиях в данной области.

Менеджмент инноваций является частью общего менеджмента. В общем случае он объединяет принципы, методы, а также инструменты, с помощью которых компании осуществляют инновационную деятельность.

Система инновационного менеджмента представляет собой объединение подсистем. Данные подсистемы кроме внутреннего взаимодействия имеют связь с внешней средой, которая в свою очередь также является сложной.

Основопологающим стандартом в области инновационного менеджмента является ГОСТ Р ИСО 56002-2020 «Инновационный менеджмент. Системы инновационного менеджмента. Руководящие указания». Структура данного документа соответствует структуре высокого уровня, представленной в Приложении SL Директивы ISO. Стандарт содержит преимущества, требования и рекомендации для организаций, которые планируют разработать, внедрить, а также поддерживать и постоянно улучшать систему инновационного менеджмента.

Целью данной работы является исследование необходимости внедрения системы инновационного менеджмента на предприятиях авиационной отрасли.

Для решения обозначенной цели были поставлены и решены следующие задачи:

- Исследована роль основных понятий в области инноваций;
- Проанализирована система инновационного менеджмента в части её назначения;
- Произведен анализ законодательных и нормативно-правовых документов, устанавливающих требования к системе инновационного менеджмента.

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р ИСО 56002-2020. Инновационный менеджмент. Система инновационного менеджмента. Руководящие указания.
2. ГОСТ Р 56273.1-2014. Инновационный менеджмент. Часть 1. Система инновационного менеджмента.
3. Приходько В.И., Ляшко Ф.Е. Инновационный менеджмент в авиастроении: учебное пособие. — Ульяновск: УлГТУ, 2003. — 70 с.
4. Аверина Т.А., Баркалов С.А., Насонова Т.В. Инновационный менеджмент в структурных схемах: учебное пособие. — Воронеж: Воронежский ГАСУ, 2016 — 167 с.

Алгоритм построения и определение структуры математической модели пространственной установки с реактивным двигателем со скользящим контактом по направляющей

Кащеев И.С.

Научный руководитель — к.т.н. Боровиков Д.А.

МАИ, Москва

Разработка высокоскоростных летательных аппаратов, а также аппаратов, движущихся по направляющим в условиях высоких нагрузок требует проведения объемного комплекса испытаний, для подтверждения как необходимых динамических характеристик, так и достаточного запаса прочности в условиях значительных вибрационных нагрузок, высокоскоростных и высоконагруженных контактов между скользящими частями. Одним из наиболее комплексных подходов, подтверждающим работоспособность и эффективность применения новых изделий авиационной техники, являются трековые испытания всего объекта [1], которые в свою очередь требуют проведения дорогостоящих технологических и подготовительных испытаний. Разработку подобных устройств и подготовку испытаний можно упростить за счет применения комплекса виртуальных испытаний [2].

Испытательный трек представляет из себя прямой участок со специализированными рельсовыми направляющими, на которые устанавливается подвижная каретка со скользящими по рельсам опорами. На подвижную трековую установку помещается испытуемый объект, система сбора и передачи данных от датчиков и ракетные двигатели. Достижение необходимых скоростей обеспечивается совокупной тягой ракетных двигателей [3].

В работе представлен алгоритм построения и определение структуры математической модели пространственной каретки с реактивным двигателем со скользящим контактом по

направляющей. Предложенный алгоритм позволяет совершать предварительный анализ для выявления механизмов и наиболее значимых параметров, оказывающих существенное влияние на спектр собственных частот, вибрационные нагрузки и динамические характеристики пространственной каретки в условиях значительных динамических нагрузок [4].

Алгоритм включает в себя построение математической модели испытуемого объекта вместе с испытательным треком с использованием метода связанных-графов. Наполнение модели и определение требуемой структуры выполняется с использованием комплекса численных исследований методом конечных объемов, включающих определение аэродинамических характеристик, модальный анализ, определение массово-инерционных и упруго-демпферных свойств элементов конструкции каретки с учетом специфики дискретизации конструкции в имитационной модели.

Применяя предложенный алгоритм возможно построение математической модели скользящей по направляющим каретки, учитывающей специфику нагружения, вибрационные нагрузки на элементы конструкции, работу силовой установки и влияние окружения. Математическая модель может использоваться при параметрическом исследовании и оптимизации конструкции для обеспечения необходимых демпфирующих, прочностных и динамических характеристик устройства на этапе подготовки к натурным испытаниям.

Список используемых источников:

1. Rocket Sled Based High Speed Rail Track Test Facilities: A Review, Shilpa Walia, Vikrant Satya, Sandeep Malik, Defence Science Journal, Vol. 72, No. 2, March 2022, pp. 182-194, DOI : 10.14429/dsj.72.17014
2. He F., Ning D., Yong L. The Modeling and Analysis of Fuel Metering System of Gas Turbine based on AMESim //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2022. — T. 2383. — №. 1. — C. 012076
3. Методика определения характеристик вибропрочности конструкции при высокоскоростных трековых испытаниях авиационной техники, С.А. Астахов, В.И. Бирюков, А.В. Катаев, Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. 2023. № 72, DOI: 10.15593/2224-9982/2023.72.06
4. Моделирование аэродинамического взаимодействия при трековых испытаниях изделий авиационной техники, С.А. Астахов, В.И. Бирюков, С.Ф. Тимушев, А.В. Катаев, Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. 2023. № 72, DOI: 10.15593/2224-9982/2023.72.01

Проектное обоснование возможности создания термоэлектрических ампер-весов для определения эталона массы на основании резолюций 26 Генеральной конференции по мерам и весам

Мартынов И.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Батанов М.С.
МАИ, Москва

В эпоху стремительного научно-технического развития, где технологии и научные достижения находятся в постоянном движении, стандарты измерений приобретают особое значение как ключевой элемент обеспечения высокой точности и согласованности в различных областях науки и техники. В этом контексте особое внимание уделяется 26-ой Генеральной конференции по мерам и весам, проведенной в 2018 году, которая стала площадкой для обсуждения актуальных вопросов метрологии и внесения значительных изменений в определение Системы Международных Единиц (СИ). На ней были выдвинуты требования к ним, а также представлен перечень физических констант с их установленными значениями, формирующих основу для определения единиц измерений [1]. В рамках доклада осуществлена оценка относительной погрешности каждого значения, демонстрирующая, что самая высокая погрешность имеет порядок $10^{(-7)}$.

Новые правила вынуждают мировое научное сообщество отказаться от использования материальных эталонов и исследовать новые технические решения, позволяющие привязать единицы измерений к предложенным константам. В рамках данного доклада освещаются

вопросы, связанные с созданием нового эталона массы. Работа включает в себя анализ проблем, связанных с международным эталоном, который находится в Международной палате мер и весов, и его копиями [2], а также предоставляет обзор существующих альтернативных методов реализации эталона, соответствующих требованиям 26-ой Генеральной конференции [3].

Основой доклада является разбор статьи Михаила Семеновича Батанова «Стохастический подход к определению эталона массы на основе зафиксированных значений фундаментальных физических постоянных». В ней автор представляет свой метод, лишенный недостатков существующих подходов [4]. В рамках доклада будет проведено рассмотрение данного подхода, а также осуществлена оценка его погрешности.

Список используемых источников:

1. 26 заседание ГКМВ. Резолюция 1 «О пересмотре Международной системы единиц (SI)» — 2019 г;
2. Международное бюро мер и весов. Why change the SI? — 2013 г;
3. Жданова Е.В. «Как измерить новый килограмм». — 2019 г;
4. Батанов М.С., Монахова В.П., Ромашова М.О. Стохастический подход к определению эталона массы на основании зафиксированных значений фундаментальных физических постоянных. — 2022 г.

Метрологическое обеспечение характеристик испытательного стенда электрического генератора гибридной силовой установки (ГСУ)

Масленникова Е.П.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Афанасьев В.А.

МАИ, Москва

Авиационная гибридная силовая установка (ГСУ) — это двигатель, который использует несколько источников энергии для привода винтового вала, в том числе традиционный газовый турбинный двигатель в сочетании с электрическими генераторами и батареями.

Это открывает возможность оптимального перераспределения энергии от нескольких источников к различным движителям и другим потребителям, что позволяет снизить затраты на топливо, уменьшить выбросы вредных веществ и шум, а также увеличить эффективность использования энергии.

Для испытания характеристик электрического генератора рассмотрим камеру высотно-климатического стенда У-10М ЦИАМ имени П.И.Баранова. Для определения эффективности работы тестируемого узла на данном испытательном стенде испытывается мощность электрического генератора с помощью мультиметра. А также, для контроля обеспечения безопасности и надежности работы двигателя, испытывается температура обмотки, значение которой измеряется с помощью термистора.

В работе была поставлена цель проведения метрологического обеспечения мощности и температуры обмотки электрического генератора гибридной силовой установки.

Для этого были поставлены и решены следующие задачи:

- 1) Рассмотрение определенного стенда для испытания характеристик электрического генератора гибридной силовой установки.
- 2) Проведение поиска средств измерений для метрологического обеспечения определенных характеристик электрического генератора гибридной силовой установки.

Список используемых источников:

1. Афанасьев В.А., Жигунов М.М., Ланшин А.И., Монахова В.П., Тушавина О.В. Экспериментальная отработка и сертификационные испытания авиационных двигателей, Учебник / Под общей редакцией Ланшин А.И. и Афанасьев В.А. — М.: Изд-во МАИ, 2021. — 456 с.: ил.
2. Варюхин А.Н., Захарченко В.С., Журавлев Д.И., Гелиев А.В., Овдиенко М.А. Разработка демонстратора технологий авиационной гибридной силовой установки с

применением высокотемпературной сверхпроводимости / Федеральное автономное учреждение «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова»

3. Электронный ресурс: <https://fgis.gost.ru/#/> — Государственный реестр средств измерений ФГИС Аршин

Комплексная оценка климатических камер для испытаний авиационной техники

Муминов А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Зотин Н.А.

Самарский университет, Самара

Испытание авиационной техники требует высокоточного и надежного оборудования, способного воспроизводить различные условия окружающей среды. Испытательное оборудование играет ключевую роль в процессе тестирования авиационной техники. Создавая определенные условия окружающей среды и эксплуатации, оно позволяет специалистам оценивать производительность, срок службы, долговечность, а также выявлять сильные и слабые стороны тестируемого оборудования.

Испытательные камеры — это сверхпрочные и сверхнадежные компоненты вакуумной техники, способные моделировать различные условия для определения характеристик материалов и оборудования. Эти камеры создают низкое, среднее, высокое и сверхвысокое вакуумное давление, способствуя эффективное тестирование. Климатические испытания являются важнейшим аспектом их работы. Камеры для таких испытаний требуют герметичных корпусов, способных сохранять свои свойства в различных условиях. Испытательные камеры позволяют регулировать широкий диапазон температур, а также проводить испытания на устойчивость к комбинированному воздействию тумана, воды и песка.

Существует широкий спектр испытательных камер, от мобильных до стационарных, от компактных до универсальных конфигураций. Эти камеры оснащены новейшим оборудованием, включая операционные системы, дисплеи и встроенную память для ведения записей. Охлаждающие испытательные камеры обеспечивают постоянное охлаждение, что позволяет эксплуатировать оборудование в экстремальных температурных условиях. Камеры для испытаний влажности используют парогенераторы для создания влажных условий, предоставляя полный спектр климатических тестов.

Целью было разработать критерии выбора климатической камеры испытаний для решение конкретных задач.

Было предложено несколько основных критериев в основе которых лежит поиск компромисса между технических возможностей камер, требований к условиям испытаний и учёт экономических факторов. Дальнейшее направлений исследование сопряжено с уточнением весовых коэффициентов, влияние рассматриваемых особенностей использование камер.

При опробуемой методики было рассмотрено три оборудования для климатических испытаний: динамическая испытательная машина LH-6, напольный температурный тестер FD-501, тепловой шокер SM-2102D.

Модель LH-6 — динамическая испытательная машина, обеспечивает непревзойденный контроль температуры и влажности. Эта камера предназначена для минимального обслуживания, обеспечивая длительные испытания при стабильной температуре и влажности. С компактным дизайном и диапазоном настроек температуры от -20°C до $+94^{\circ}\text{C}$, а влажности от 10% RH до 95% RH, модель LH-6 получила высокие оценки от пользователей. Другой тип камеры испытательного оборудования является напольный температурный тестер. Модель FD-501 является напольным тестером окружающей среды с диапазоном температур от -37°C до $+180^{\circ}\text{C}$. Объем рабочего пространства составляет 40 литров. Эта модель отличается высокой прочностью, внутренней конструкцией из нержавеющей стали SUS304 и надежной системой нагрева с точным контролем температуры. Камера SM-2102D предназначена для

быстрого изменения температуры и автономно перемещает образцы вперед и назад между двумя зонами. Она широко используется для тестирования электроники и электронных компонентов в автомобильной, аэрокосмической и оборонной промышленности. С диапазоном температур от -70°C до $+200^{\circ}\text{C}$, она обеспечивает быстрое и надежное тестирование в экстремальных условиях.

Испытательные камеры играют важную роль в обеспечении точных и воспроизводимых условий для тестирования авиационной техники. Разнообразие моделей, таких как LH-6, FD-501 и SM-2102D, подчеркивает широкий функционал и надежность современных испытательных систем, делая их неотъемлемой частью процесса разработки и тестирования авиационных технологий.

Список используемых источников:

1. Авиационные приборы и пилотажно-навигационные комплексы: учеб. пособие. В 2 ч. / сост. Е.В. Антонен, В.И. Смирнов, Г.А. Федосеева. — Ч. 2. — Ульяновск: УВАУ ГА, 2007.
2. Прилепский, Василий Андреевич П76 Авиационные приборы: учеб. пособие / В.А. Прилепский. — Самара: Изд-во Самарского университета, 2016. — 316 с.
3. Associated Environmental Systems — влажности / для авиационно-космической промышленности / для верстака (aeroexpo.com.ru)
4. Исследование основных характеристик термоэлектрического охладителя и генератора: лаб. практикум / [В.Н. Белозерцев и др.]. — Самара: Изд-во СГАУ, 2015. — 76 с.: ил.

Разработка методики испытаний высотно-скоростных характеристик электрического двигателя

Муратова Е.В.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Афанасьев В.А.

МАИ, Москва

Одним из способов по снижению экологического ущерба от деятельности авиации является использование электрических двигателей. Проведение сертификационных испытаний является одним из важных этапов экспериментальной обработки электрических авиационных двигателей, а именно необходимость измерения высотно-скоростных характеристик.

Экспериментальная отработка электрических авиационных двигателей связана с испытаниями. Получение высотно-скоростных характеристик проводятся в термобарокамере с присоединенным трубопроводом на входе с имитацией полетных условий по параметрам заторможенного воздушного потока на входе в двигатель (по температуре и полному давлению, соответствующим заданным значениям высоты и скорости полета).

Стенд для испытания высотно-скоростных характеристик электрического двигателя содержит термобарокамеру круглого сечения. Двигатель устанавливается в термобарокамере высотного стенда на динамометрическую платформу. Во входном сечении двигателя обеспечиваются требуемые значения полного давления и температуры, а в барокамере — значения давления, которые соответствуют заданным значениям числа Маха и высоты полета.

В работе была поставлена цель разработать методику испытаний высотно-скоростных характеристик электрического двигателя.

Для этого были решены следующие задачи:

- 1) Выбрана принципиальная схема стенда для испытаний высотно-скоростных характеристик электрического двигателя;
- 2) Проведен расчет основных параметров элементов стенда с учетом требований, предъявляемых к средствам измерения высотно-скоростных характеристик.

Список используемых источников:

1. Афанасьев В.А., Жигунов М.М., Ланшин А.И., Монахова В.П., Тушавина О.В. Экспериментальная отработка и сертификационные испытания авиационных двигателей, Учебник / Под общей редакцией Ланшин А.И. и Афанасьев В.А. — М.: Изд-во МАИ, 2021. — 456 с.: ил.

2. Варюхин А.Н., Захарченко В.С., Журавлев Д.И., Гелиев А.В., Овдиенко М.А. Разработка демонстратора технологий авиационной гибридной силовой установки с применением высокотемпературной сверхпроводимости / Федеральное автономное учреждение «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова»

3. Варюхин А.Н., Захарченко В.С., Гелиев А.В., Гордин М.В., Киселев И.О., Журавлев Д.И., Загуменнов Ф.А., Казаков А.В.1, Вавилов В.Е. Формирование облик электрической силовой установки для сверхлегкого пилотируемого самолета / Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова, г. Москва, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа

Контроль состояния масла ГТД марки «НК» при их испытании на стенде

Полонцов С.М.

ПАО «ОДК-Кузнецов», Самара

В процессе стендовых испытаний газотурбинных двигателей проводится контроль физико-химических свойств масла на соответствие техническим условиям, действующих, как для свежего масла в таре поставщика, так и масла, имеющего наработку. По ограниченному перечню параметров такой анализ называют «общий». При общем анализе, в частности, производится весовое определение содержания механических примесей в масле. «Полный» анализ, как более сложный по существу, обычно выполняют в специально оговоренных случаях. Дополнительно к общему анализу производится контроль чистоты масла по ГОСТ 17216-2001. Этот метод более точный и эффективный, поскольку позволяет определять гранулометрический состав частиц загрязнений в 100 см³ жидкости в каждом установленном диапазоне их размеров (класс чистоты). Каждый следующий класс чистоты увеличивает массу содержащихся частиц вдвое.

Для масляных полостей и коммуникаций инструкциями на промывку изделий марки НК установлен предельно допустимый класс чистоты — 11. Периодичность и технология отбора проб масла определяется внутренними техническими условиями.

Масло из масляной системы двигателя через сливные краны отбирают из стендового маслобака и полости коробки приводов. Ёмкости перед взятием пробы масла на анализ должны быть тщательно промыты нефрасом, профильтрованным через пятимикронный фильтр, и высушены. Пробы масла на общий анализ отбирают в следующих случаях:

- при входном контроле партии свежего масла, поступившего на стенд;
- перед испытаниями из стендового маслобака после прокачки системы; в процессе статочных или контрольных испытаний после приработки;
- перед актом сдачи;
- после акта сдачи;
- перед длительными испытаниями;
- после каждого этапа длительного испытания;
- после замены масла (если таковое предусмотрено программой).

Пробы масла на полный анализ отбирают:

- перед началом длительных испытаний;
- после каждого четного этапа длительных испытаний или в соответствии с программой испытаний;
- по окончании длительных испытаний.

В случае отклонения хотя бы одного параметра от ТУ при полном анализе масла лаборатория должна сообщить бюро технического контроля испытательного цеха, не дожидаясь оформления результатов.

Обеспечение чистоты внутренних полостей опор и агрегатов двигателя является одним из важных методов повышения надежности и ресурса двигателя. По различным оценкам, улучшение чистоты жидкости только на один класс увеличивает ресурс защищаемой системы от 2 до 10 раз (известная кривая Макферсона). Чистота масляных полостей определяется чистотой находящейся в ней жидкости.

Основными элементами масляных систем изделий, требующих особо тщательной очистки от загрязнений, являются: корпусные детали с внутренними литейными поверхностями, полости агрегатов и соединительные каналы, полученные механической обработкой. Удаление производственных загрязнений из масляных полостей и агрегатов достигается прокачкой горячим маслом узлов и агрегатов, поступающих на сборку, а также собранного изделия на установке с вращением роторов.

Защиту узлов трения от остаточных загрязнений после прокачки обеспечивает на испытательном стенде установка на режиме первого запуска и приработки 5-мкм фильтров в линии измерения прокачки, а также промежуточного маслобака в линии отвода воздуха из центрифуги.

Для обеспечения требуемой чистоты масляных полостей на стадии сборки и испытания двигателя необходимо:

- минимизировать попадание посторонних загрязнений при изготовлении деталей и в процессе сборки узлов;

- строго соблюдать требования технологии промывки (прокачки) деталей и узлов, поступающих на сборку;

- проводить прокачку горячим маслом собранного двигателя на установке с вращением роторов;

- обеспечить заданную в конструкторской и технологической документации тонкость фильтрации масла на испытательных стендах;

- строго соблюдать технологию отбора контрольных проб масла в соответствии с соответствующими ТУ и инструкциями.

Список используемых источников:

1. Трянов, А. Е. Конструкция масляных систем авиационных двигателей. [Текст] / А. Е. Трянов. — Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2007. — с. 81: ил. 48, табл. 9 (в том числе 4 в приложении), 24 библи. назв.

2. Кузнецов, С.П. Испытания и обеспечение надежности газотурбинных двигателей: конспект лекций. [Текст] / С.П. Кузнецов. — Рыбинск: Изд-во РГАТА, 2005 — 180 с.

Сертификационные и специальные испытания авиационной техники на птицестойкость

Поперечный С.С., Аунг К.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ильинская О.И.

МАИ, Москва

В связи с возрастанием интенсивности перевозок грузов и пассажиров воздушным транспортом все более актуальной становится проблема столкновения воздушных судов с птицами. Увеличение скорости и размеров самолетов, количества маршрутов перевозок, пересекающихся с главными направлениями миграций птиц, снижение шума двигателя в полете, приводящее к запаздывающей реакции птиц на приближающийся объект, привело к возрастанию числа столкновений с птицами.

В связи с этим во всех руководящих документах по сертификации и эксплуатации воздушных судов стран с развитой авиационной промышленностью предусматриваются особые требования по регламентации повреждений от удара птицы при сертификационных испытаниях на специальных стендах.

Модернизация экспериментального стенда для проведения сертификационных и специальных испытаний элементов летательных аппаратов и узлов двигателей включала в основном автоматизацию стрельбы с пневмопушки, улучшение качества видеосъемки с использованием высокоскоростных видеокамер и с повышением точности измерения скорости снаряда с применением фотодиодных датчиков. Испытаниям всегда предшествуют пристрелочные выстрелы для установления вероятностей отклонения основных параметров: состава и давления газов пневмопушки, надёжности срабатывания электропневмоклапанов и других электроустройств.

Приведены результаты сертификационных и специальных испытаний авиационной техники на птицестойкость на модернизированном специальном стенде с усовершенствованной конструкцией пневмопушки.

Список используемых источников:

1. Лепешкин А.Р., Ильинская О.И., Маликов С.Б. Динамика и прочность авиационных газотурбинных двигателей: Учеб. пособие. — М.: Изд-во МАИ. 2020. 100 с.

2. Шершаков С.М., Кулаков В.В., Петров С.Б., Лепешкин А.Р., Сафронов А.В. Устройство для заброса птиц и других посторонних предметов при испытаниях летательных аппаратов. Патент РФ № 2452931. 2012. Бюл. №16.

Методика измерения параметров неоднородности потока воздуха на входе в газотурбинный двигатель

Привознова Ю.К.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Монахова В.П.

МАИ, Москва

Один из факторов, влияющих на характеристики газотурбинного двигателя (ГТД) в системе силовой установки воздушного судна, — это неоднородность потока перед двигателем. Эта неоднородность создается воздействием на поток воздухозаборника, элементов крыла и фюзеляжа, которые прилегают к воздухозаборнику. Поток характеризуется неравномерностью скоростного поля и пульсациями полного давления, ухудшающими производительность компрессора и снижающими эффективность работы систем автоматического управления (САУ) двигателя, что влияет, в конечном итоге, на тяговые и расходные характеристики ГТД.

Опыт эксплуатации маневренных самолетов, которые испытывают высокие уровни неоднородности потока перед двигателем, а также результаты исследований характеристик ГТД при неоднородном потоке воздуха на входе подчеркивают необходимость проведения специальных испытаний на наземных и высотных стендах для оценки влияния неоднородности на характеристики авиадвигателей.

Целью испытаний является изучение влияния неоднородности давления на входе в двигатель на его тяговые характеристики и расход топлива. В данной работе решалась задача разработки системы измерений, выборе средств измерений, учитывающих специфику испытаний и влияние условий окружающей среды.

На основе зарегистрированных показаний выбранных СИ определяются: полное давление, полная температура, пульсации полного давления.

Полученные в ходе испытаний данные использовались для оценки изменения тяговых и расходных характеристик в зависимости от влияния неоднородности потока воздуха на входе в ГТД.

Список используемых источников:

1. В.А. Афанасьев, М.М. Жигунов, А.И. Ланшин, В.П. Монахова, О.В. Тушавина. Экспериментальная отработка и сертификационные испытания авиационных двигателей: Учебник / Под общей редакцией А.И. Ланшина и В.А. Афанасьева. — М.: Изд-во МАИ, 2021. — 456 с.

2. Шевченко М.И., Моисеев Л.Ф. Вопросы метрологического обеспечения испытаний авиационной техники. — М.: Изд-во МАТИ. 2014. — 565 с.

Анализ оборудования и средств измерения перспективных летающих лабораторий для проведения лётных испытаний летательных аппаратов

Прошин В.М.

Научный руководитель — д.т.н. Хопин П.Н.

МАИ, Москва

Лётные испытания БПЛА на летающей лаборатории (ЛЛ) позволяют проверить работоспособность и надёжность новых разработок в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным. Это позволяет выявить возможные недостатки и ошибки в работе БПЛА

и внести необходимые коррективы. Использование летающих лабораторий позволяет значительно сократить время и ресурсы, затрачиваемые на проведение испытаний.

Многofункциональная лаборатория на базе транспортного самолёта может стать очень полезным инструментом для тестирования авиационных объектов, в том числе и беспилотных летательных аппаратов [2].

МФЛЛ на базе транспортного самолета содержит транспортный самолет с грузовым отсеком и манипулятором, позволяющим выводить объект испытаний из грузового отсека транспортного самолета в воздушный поток, проводя его буксировку на отводимой части раздвижной стрелы манипулятора с предстоящим сбросом или возвращением его в грузовой отсек, с разгружающим устройством. МФЛЛ отличается тем, что объект испытаний находится в грузовом отсеке, с системой позволяющей выводить объект через грузовой люк, который располагается в задней части фюзеляжа, манипулятор включает в себя систему с гидравлическим приводом, телескопической стрелой, состоящей из двух частей: основной и отклоняемой, позволяющей выполнять поворот и вывод в поток объекта, разгружающая тележка, являющаяся разгружающим устройством, связана с главной частью стрелы в точке крепления отклоняемой части стрелы и перемещающейся по рельсам, закрепленными в верхней части грузового отсека.

При этом на конце выдвинутой части стрелы установлено специальное устройство для крепления и ориентации объекта испытаний в нужном положении, для обеспечения оптимального размещения в момент отделения объекта испытания и снижения балансировочного момента.

В дополнение ко всему МФЛЛ оснащена системой дистанционного управления и контроля, которая позволяет наблюдать и контролировать за ходом эксперимента как из грузового отсека, так и из гермокабины.

Также к числу перспективных относится летающая лаборатория Черкасова А.Н. [3], служащая для проведения летных исследований характеристик и демонстраций технологий авиационных силовых установок с малоразмерными двигателями (газотурбинными, поршневыми, электрическими), а также гибридных силовых установок.

Летающая лаборатория Черкасова А.Н. включает в себя БПЛА самолетного типа, который состоит из несущего фюзеляжа, крыла прямоугольной формы, переднего горизонтального оперения, V-образного хвостового оперения и силовой установки с несколькими авиационными двигателями. Двигатели крепятся к крылу и корпусу, а передняя горизонтальная хвостовая часть может быть снята, а в фюзеляже находится отсек с люком, который вмещает в себя источник энергии.

Для проведения исследований в воздухе и демонстрации технологий двигательных установок различных типов и конструкций с разными схемами предусмотрены три варианта аэродинамического дизайна.

Список используемых источников:

1. Беспилотный подъем. В России разрабатываются сотни новых автономных летательных аппаратов // Ведомости URL: https://www.vedomosti.ru/science/future_technologies/articles/2023/04/20/971868-bespilotnii-podem-v-rossii
2. Патент 2734170 Российская Федерация, МПК G01M 9/00. Многофункциональная летающая лаборатория (МФЛЛ) на базе транспортного самолета / В.Е Тихонов, Ю.Г Островзорова — №2734170; заявл. 2020.06.15; опубл. 2020.10.13, Бюл
3. Патент 2785261 Российская Федерация, МПК B64F5/60. Летающая лаборатория 2022 / А.Н Черкасов, Д.С Легконогих, Ю.В Зиненков [и др.] — № 2785261; заявл. 2022.06.14; опубл. 2022.12.05

Разработка программного обеспечения для обработки косвенных измерений интегральных параметров ВЧИД

Ровкина А.Э.

Научный руководитель — Ермакова М.О.

МАИ, Москва

Обработка косвенных измерений проводится для интегральных параметров, полученных на лабораторном образце ВЧИД. Испытательный стенд оснащен двухуровневой информационно-измерительной системой, где измерительная подсистема занимает нижний уровень, а информационная — верхний.

Актуальность разработки ПО для обработки косвенных измерений обусловлена растущей потребностью в повышении точности анализа сложных технических систем. Косвенные измерения позволяют оценить параметры в тех случаях, когда прямые измерения затруднены или даже невозможны, или, когда косвенные измерения могут дать более точные результаты.

В рамках данной работы, на языке python написана программа для анализа и оценки косвенных измерений, в которой используются методы линеаризации, приведения и bootstrap.

Метод линеаризации и статистического суммирования, описанный в [1], представляет собой методику оценки погрешности косвенных измерений. Этот подход предполагает аппроксимацию нелинейной функции связи между измеряемыми параметрами линейным способом с использованием ряда Тейлора. Этот метод позволяет оценить общую погрешность косвенных измерений.

Метод приведения предполагает преобразование результатов косвенных измерений в набор данных, аналогичный прямым измерениям. Это достигается путем включения конкретных измеренных значений переменных в уравнение, которое устанавливает связь между косвенно измеряемым параметром и этими переменными.

Для оценки неопределенности измерений и распределения оцениваемых параметров используется высокоэффективный статистический метод — bootstrap [2]. Создавая многочисленные смоделированные выборки посредством случайной выборки из исходного набора данных, этот метод позволяет оценивать распределения параметров и доверительные интервалы, не полагаясь на заранее определенные предположения о форме распределения данных. Эта особенность делает метод bootstrap особенно выгодным в ситуациях, когда количество данных ограничено или распределение сложное, или неопределенное.

В работе представлены данные обработки полученных на лабораторном образце ВЧИД результатов косвенных измерений, проведен их сравнительный анализ и сопоставление с расчетными характеристиками.

Список используемых источников:

1. МИ 2083-90. ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей.

2. Эфрон Б. — Нетрадиционные методы многомерного статистического анализа. Год: 1988 С. 264.

3. Документация библиотек языка python URL: <https://www.python.org/doc/> (дата обращения: 25.02.2024).

Методика вибродиагностики подшипниковых опор на основе определения влияния неисправности на динамические процессы роторов

Соловьев Д.Е.

Научный руководитель — к.т.н. Зубко А.И.

МАИ, Москва

В современных литературных источниках описано большое количество различных методов технической диагностики подшипниковых опор механических систем, но наиболее работоспособными являются методы, основанные на анализе вибрации. Применительно к ГТД данные методы диагностирования подшипниковых опор демонстрируют неустойчивые результаты, что требует разработки новых методов.

В рассмотренной литературе [1, 2, 3, 4] указывается, что неисправности подшипников опор воздействуют на динамические процессы роторов, вызывая их различные колебания и прецессионные движения. Определение таких процессов в настоящее время без использования препарировки двигателя дополнительными датчиками затруднено. Внезапный выход из строя подшипниковых опор резко снижает уровень надежности ГТД и может способствовать снижению уровня безопасности полетов, что в свою очередь приводит к возникновению летного происшествия. Возможность возникновения и развития таких неисправностей, а также стремление осуществить переход к обслуживанию по техническому состоянию авиационной техники существенно повышает актуальность данной работы.

Вибрация корпусов ГТД имеет сложный характер, включающий сочетания механических волн от различных источников, их взаимовлияние и возникновение в том числе стохастических проявлений процессов колебаний. Наибольший интерес для диагностирования представляют колебания с небольшими амплитудами, источниками которых являются зарождающиеся неисправности. При этом анализ изменения амплитуды роторной гармоники или поиск частот, генерируемых подшипниками не всегда дает положительный результат.

В качестве критерия оценки изменения технического состояния опор роторов, нами предложен метод анализа изменения нелинейных свойств роторной системы путем вычисления коэффициента нелинейных искажений.

С целью выявления динамических процессов роторов, связанных с подшипниковыми опорами, нами был разработан способ их определения с помощью вычисления коэффициента нелинейных искажений, учитывающего отношения амплитуд высших кратных роторным гармоник к амплитуде первой гармоники вибрации ротора. Данный коэффициент определялся на одном фиксированном режиме работы ротора, с использованием специально разработанного набора фильтров и автоматического вычисления его значений.

Для определения работоспособности предложенной методики была проведена обработка результатов натурных испытаний модельных подшипников с повреждениями. В процессе исследования был использован коэффициент нелинейных искажений, с помощью которого был диагностирован ряд неисправностей.

На стенд исследования характеристик подшипников СП-180М были установлены подшипники с разной степенью повреждений роликов:

- Исправный;
- С маленькой точкой на ролике;
- Большой точкой на ролике;
- С большой риской на ролике;
- Одновременно в подшипник установлены ролики со всеми перечисленными видами повреждений.

Для каждого из перечисленных повреждений был получен коэффициент нелинейных искажений. Так, для исправного подшипника вычислили значение коэффициента равным 1,20094. Для повреждения, характеризующемся маленькой точкой на ролике, равным 1,22184. Для роликов с большой точкой — 1,47454; с большой риской — 1,78243. И, наконец, для подшипника со всеми типами повреждением роликов качения получили коэффициент нелинейных искажений равным 2,12273.

Как можно заметить, небольшие точечные повреждения незначительно сказываются на получаемых результатах. Однако большие повреждения уже существенно влияют на конечное значение коэффициента нелинейных искажений.

Основными видами неисправности в процессе работы ГТД является усталостное выкрашивание, что создает на поверхности подшипника множество точечных (оспидных) повреждений. Такие повреждения существенно влияют на динамические процессы роторов.

На испытательных стендах подшипниковых опор, которые имитируют работу газотурбинного двигателя были произведены натурные испытания как подшипников качения, так и подшипников скольжения. При проведении испытаний часть подшипников получила значительные повреждения, а часть была доведена до разрушения. Исходя из полученных

результатов, исследуемый нами коэффициент нелинейных искажений достаточно хорошо показал себя и в этом случае. При критическом режиме, за некоторое время до разрушения подшипника, коэффициент нелинейных искажений увеличился примерно в четыре раза. Это позволило корректировать режимы проведения испытаний, что повысило их эффективность.

Выводы

1. Использование метода диагностирования на основе анализа изменения коэффициента нелинейных искажений позволило с высокой эффективностью определять техническое состояние подшипников качения и скольжения.

2. Для подшипников качения и для подшипников скольжения характер изменения коэффициентов нелинейных искажений имеют отличия, которые предположительно могут быть вызваны особенностями развития процессов колебаний различных конструкций опор роторов.

3. Диагностика подшипниковых опор ГТД дает возможность определения неисправности на ранней стадии из развития.

Список используемых источников:

1. Клюев В. В., Справочник в 8т. Неразрушающий контроль. Т.7 кн.2. Вибродиагностика / В. В. Клюев Гл редактор. М.: Машиностроение, 2006. 829 с.

2. Марчуков Е.Ю., Назаренко Ю.Б. Динамика роторов и гидродинамика масляного клина подшипников качения газотурбинных двигателей: монография // Москва. 2016. 186 с.

3. Аксенов С.П., Нецвет В. А., Зубко А. И., Уваров В. Г., Исследование механизма дестабилизации динамических характеристик ротора ГТД вследствие нарушения плотности стыков ответственных резьбовых соединений с разработкой мероприятий по повышению качества готовой продукции // Насосы. Турбины. Системы. 2019. № 3 (32). С. 55–64.

4. Аксенов С. П., Звонарев С. Л., Зубко А. И., Нецвет В. А., Особенности двухконтурного газотурбинного двигателя как объекта диагностирования / Насосы. Турбины. Системы. 2018. №1 (26). С. 16–24.

Разработка высотно-скоростного испытательного стенда для воздушно-реактивных двигателей с возможностью проведения виртуальных испытаний

Тимофеев Н.С., Астафьев Е.А.

Научный руководитель — Кащев И.С.

МАИ, Москва

На сегодняшний день всё большую потребность и распространённость приобретают беспилотные летательные аппараты. В качестве силовой установки они могут использовать электродвигатели, двигатели внутреннего сгорания и газотурбинные двигатели (ГТД) [1]. Процесс разработки газотурбинных двигателей очень затратный и наукоёмкий, значительную часть разработки занимает экспериментальная доводка двигателя. Испытания ГТД могут происходить как в составе летающей лаборатории (ЛЛ), так и на наземных комплексах. Наземные испытательные стенды имитируют высотно-скоростные условия эксплуатации по средствам имитации полного давления и полной температуры на входе в двигатель. Такие испытания существенно дешевле, чем испытания на ЛЛ, но всё равно имеют значительную стоимость.

В работе предложена концепция высотно-скоростного испытательного стенда с учётом возможности проведения последующих виртуальных испытаний для удешевления процесса разработки ГТД. Создание одновременно со стендом для натурных испытаний его виртуальной копии может позволить существенно снизить время постройки самого испытательного стенда, упростить и ускорить планирование испытаний, а также заменить часть испытаний на виртуальные расчёты, которые могут быть верифицированы в ходе натурных испытаний [2].

В работе рассматривается создание имитационной математической модели высотно-скоростного испытательного стенда. Сформулированы требования к испытательному стенду

с учётом анализа наиболее востребованных диапазонов работы современных БПЛА. Стенд должен обеспечивать условия по имитации максимальной высоты полёта — 7000 км и максимальному Маху полёта в 0,8 М.

Построение имитационной модели происходит с использованием метода связанных графов, основанных на потоках мощности между элементами системы и двуправленных парных связях, что позволяет моделировать в рамках одной модели взаимодействие систем, имеющих различную физическую природу [3].

Большой акцент в работе направлен на расчёту системы создания разряжения внутри термобарокамеры (ТБК). Были проанализированы две схемы стенда для создания разряжения: эжекторная и эксгаустерная. В качестве начальных и граничных условий заданы: расход и температура продуктов сгорания двигателя, максимальная высота полёта, давление и расход высоконапорного (эжектирующего) газа, подаваемого в эжектор. Первоначально производится теоретический расчёт по алгебраической методике, описанной в работе [4]. В дальнейшем, основываясь на полученные параметры, была построена трёхмерная модель выхлопной системы и системы создания разряжения. С помощью пакетов вычислительной гидродинамики решена задача численного моделирования системы создания разряжения внутри ТБК. По результатам моделирования была получена характеристика эжекторного насоса, в последующем она применена в математической модели испытательного стенда. В заключение был проведён сравнительный анализ разработанных систем создания разряжения, выбрана приоритетная система.

Список используемых источников:

1. Просвирина Н. В. Анализ и перспективы развития беспилотных летательных аппаратов //Московский экономический журнал. — 2021. — №. 10. — С. 560–575.
2. He F., Ning D., Yong L. The Modeling and Analysis of Fuel Metering System of Gas Turbine based on AMESim //Journal of Physics: Conference Series. — IOP Publishing, 2022. — Т. 2383. — №. 1. — С. 012076.
3. Кащеев И. С. Построение имитационной математической модели испытательного стенда для проведения виртуальных испытаний //Гагаринские чтения-2023. — 2023. — С. 191–192.
4. Пашенко Д. И., Наплеков И. С. CFD-моделирование характеристик парового эжектора для разогрева нефти и нефтепродуктов в ANSYS //Экспозиция нефть газ. — 2018. — № 2 (62). — С. 54–56.

Трубчатая конструкция подогревателя непрерывного действия для аэродинамических труб замкнутого типа

Уваров К.Ф.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Молчанов А.М.

МАИ, Москва

Актуальной задачей нашей страны является создание высокоскоростных летательных аппаратов для покорения и доминирования в воздушном и космическом пространстве. Необходимым этапом при проектировании таких аппаратов является их стендовая отработка в аэродинамических трубах для эмпирического выяснения их реальных характеристик. В данной работе представляется агрегат, входящий в состав аэродинамических труб — подогреватель воздуха. В отрасли аэродинамических установок давно создаются и функционируют подогреватели, способные эффективно передать потоку большое количество энергии [1]. Но высокая стоимость их производства и дальнейшего обслуживания увеличивает стоимость эксперимента, что отрицательно сказывается на развитии научных исследований. Представленное в данной статье исполнение подобного агрегата отличается технологичностью производства и обслуживания. Предлагается использовать в качестве нагревающих элементов карбидокремниевые стержни, обладающие максимальной рабочей температурой на воздухе 1620°C, что на порядок больше, чем рабочая температура материалов, использующихся в области на данный момент. Для избежания окисления

предлагается наносить огнеупорное защитное покрытие на подобии покрытия ЗВП-А, способного выдерживать температуру до 2200°C. Высокая температура нагрева рабочей поверхности обеспечивает высокую плотность теплового потока. Предлагаемое исполнение, хоть и обладает меньшей теплоотдачей по сравнению с существующими аналогами, не должно иметь значительно большие габаритные размеры из-за повышенной рабочей температуры нагревателей. Нагревательные элементы в конструкции установки предполагаются легко демонтируемыми и заменяемыми при их выходе из строя, что обеспечивает простоту в обслуживании. Нагревающий модуль выполнен в виде трубы с фланцами на конце. Основная идея такого исполнения в том, что для достижения разного уровня температур модуль с нагревательными элементами можно заменить гладкой трубой. Достижение различных температур необходимо для того, чтобы установка могла обеспечивать расход потока в испытательной камере с различными скоростями и, следовательно, с различными температурами. Более того, геометрия нагревательных элементов любого подобного агрегата создает гидравлическое сопротивление. При отсутствии необходимости достигать максимального расхода на установке, можно снять непотребные нагревательные модули. Таким образом обеспечивается сохранение более высокого давления, что в свою очередь добавляет экономическую эффективность, так как экономит мощность работы компрессора. В открытой литературе не было найдено информации об использовании предлагаемого здесь исполнения подогревателя. Наиболее похоже исполнение предложено в патенте CN115837292 (A) где так же предлагается нагрев воздуха обеспечить электрическим нагревательным элементом, но с плотно прилегающими теплоемкими элементами [2]. Недостатком такого исполнения является тепловая инертность, возникающая при нагреве теплоемких элементов. Все нагревающие элементы предлагаемого в данной работе исполнения подключены к сети и нагреваются мгновенно при запуске установки, что максимально снижает время выхода работы установки на заданный режим. Более того, теплоемкие элементы могут создавать дополнительное гидравлическое сопротивление, которое возможно избежать в предлагаемом исполнении. Для определения наиболее оптимальных размерных характеристик предлагаемой геометрии был проведен ряд параметрических численных экспериментов в программном пакете Ansys CFX [3, 4]. Сравнение предлагаемого исполнения с существующими отработанными вариантами теплообменных геометрий показало увеличение теплообменных характеристик.

Список используемых источников:

1. П.А. Паничкин, А.Б. Ляхов. Основы газовой динамики и их приложение к расчету сверхзвуковых аэродинамических труб. Киев: Издательство Киевского университета. 1965. 150 с.
2. X. Yanan, Q. Zhansen, G. Liangjie, L. Qiang, L. Shuai, Y. Ye, B. Xu и Z. Jun. High-flow high-temperature heating system for hypersonic wind tunnel// Патент Китая №115837292A, 24 Марта 2023.
3. Чуян Р.К. Методы математического моделирования двигателей летательных аппаратов. Учебное пособие для студентов авиадвигателестроительных специальных вузов. М.: Машиностроение. 1988. 288 с.
4. Гусев А.А. Механика жидкости и газа : учебник для вузов, 3-е ред. М: Издательство Юрайт. 2024. 232 с.

Разработка технологии и средств технологического оснащения для проведения динамических испытаний изделий аэрокосмической техники

Устинов К.А., Широкожухова А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Юхневич С.С.

АО КБХА, Воронеж

Жидкостный ракетный двигатель (ЖРД) — одно из самых технически сложных изделий аэрокосмической отрасли, состоящее из множества различных деталей. Совершенствование двигателей требует не только повышения его энергетических характеристик, но также увеличения надежности и ресурса работы. ЖРД подвергается воздействию значительных

вибрационных и ударных нагрузок на всех этапах эксплуатации, что может привести к разрушению различных узлов и агрегатов двигателя [1]. Поэтому в технической документации на изделие предусматриваются вибропрочностные испытания, чтобы проверить способность двигателя противостоять разрушающему воздействию вибрационных и ударных нагрузок.

Испытания на вибрационные и ударные нагрузки проводят с использованием специальных стендов на различных режимах работы, имитирующих нагрузки при транспортировке и работу двигателя в составе ступени ракетоносителя. Частота колебаний двигателя на стенде доходит до 2000 Гц. Для проведения рассматриваемых испытаний необходимо проектирование и изготовление специальных средств технологического оснащения [2]. Задачами оснастки является обеспечение проведения испытаний в соответствии с требованиями конструкторской документации, а также транспортировки ЖРД до испытательного стенда.

С учетом требований нормативной документации, на машиностроительном предприятии для проведения виброиспытаний разработана переходная рама, в конструкцию которой входит два специальных фланца. В них выполнены точные посадочные отверстия имитирующие стыковочные места двигателя с блоком ракетоносителя, и присоединительные отверстия испытательного стенда. Фланцы соединены между собой обечайкой, а также ребрами для жесткости конструкции. Детали оснастки зафиксированы при помощи сварки. Для возможности транспортировки в конструкции оснастки предусмотрены технологические кронштейны, к которым стыкуются специальные грузозахватные приспособления. Стенд и двигатель фиксируются к переходной раме с помощью болтовых соединений.

После проведенного анализа используемых для вибрационных испытаний на отечественных предприятиях средств технологического оснащения, выполнена унификация оснастки. Это позволило использовать переходную плиту смежного предприятия для испытаний на вибрационные и ударные нагрузки двигателя, что позволило исключить дополнительные финансовые затраты, и уменьшить сроки подготовки производства. Для подтверждения работоспособности средства технологического оснащения, выполнен математический расчет запаса прочности, с применением отечественных систем автоматизированного проектирования.

В результате использованные конструкторские решения позволили спроектировать специальную оснастку, обеспечивающую прочную фиксацию двигателя на испытательном стенде и провести динамические испытания ЖРД в соответствии с требованиями конструкторской документации.

Список используемых источников:

1. Вибрации при работе ракетного двигателя в полете / С.Н. Жеребчиков // III международная научно-техническая конференция «Авиакосмические технологии»: Сб. науч. тр. / ВГТУ. — Воронеж, 2002. — с. 153–158.
2. Подшибякина В. А. Применение современных средств автоматизации стендов для испытаний узлов и агрегатов жидкостных ракетных двигателей / В. А. Подшибякина, А. Ю. Рязанцев // XLVII Академические чтения по космонавтике 2023: Сборник тезисов, посвященный памяти академика С. П. Королева и других выдающихся отечественных ученых–пионеров освоения космического пространства, Москва, 24 – 27 января 2023 года. Том 2. — Москва: Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2023. — С. 169-171. — EDN MJMGRY.

Направление №3 Системы управления, информатика и электроэнергетика

Секция №3.1 Управление движением, навигация и бортовые системы

Оптико-электронный координатор с применением компьютерного зрения

Афанасьева Е.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Матвеев В.В.

ТулГУ, Тула

В настоящее время без вычислительной техники не обходится практически ни один этап анализа данных, получаемых с видеорегистрирующих устройств, перед которыми зачастую стоят задачи слежения, сегментирования и распознавания объектов [1]. По этой причине цифровая обработка изображений актуальна в оптических и высокоточных системах, а также любой промышленной сфере, использующей оптические приборы для получения данных. Наиболее точной работы требуют оптико-электронные координаторы. Координаторы — устройства, служащие для автоматического непрерывного или дискретного определения угла между заданной осью и направлением на неподвижный или движущийся объект. В данной работе представлена система ориентирования в пространстве относительно наблюдаемого объекта на основе оптико-электронной системы с применением компьютерного зрения.

Предложенный координатор состоит из оптической системы и блока обработки данных. Первая формирует изображение в фокальной плоскости, совпадающей с матричным приемником излучения. Блок обработки представляет собой вычислительную плату, где изображения обрабатываются алгоритмами фильтрации и бинаризации [2] (операцией пороговой обработкой) посредством вычисления интенсивностей пикселей по каналам и дальнейших математических операций. Каждый поступивший кадр анализируется программой, происходит определение расположения объекта относительно центра изображения (центр кадра совмещен с главной осью оптической системы). Как только искомые координаты получены, система стремится установить главную ось с центром координат движущегося объекта посредством рулевых механизмов. Зная пиксельные координаты объекта, определяются углы отклонения (рассогласования), передающиеся в качестве данных для отклонения в рулевые механизмы [3].

Разрабатываемый координатор [4] подходит для слежения за перемещающимся и неподвижным объектом и совместной с наблюдением коррекции системы в пространстве в режиме реального времени. Алгоритмы компьютерного зрения могут комбинироваться с другими способами обработки изображений, что делает систему как самостоятельным, так и вспомогательным инструментом в высокоточных углоизмерительных приборах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания FEWG-2022-0002.

Список используемых источников:

1. Сойфер В.А. Методы компьютерной обработки изображений // М.: Физмалит, 2003. 784 с.
2. Вудс Р., Гонсалес Р., Цифровая обработка изображений. // М.: Техно-сфера, 2005. 1072 с.
3. Клетте Р., Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы: учебник. // М, ДМК Пресс, 2019. 506 с.
4. Крисунов Л.З. Следящие системы с оптико-электронными координаторами.// Техника, 1991. 156 с.

Система навигации летательного аппарата, основанная на компьютерном зрении

Бехлер И.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Матвеев В.В.

ТулГУ, Тула

Современное развитие технологий, связанных с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), становится все более интенсивным. БПЛА применяют в различных практических сферах для решения таких задач, как доставка грузов, поиск и спасение людей, создание цифровой модели местности, ретрансляция данных и т.д. В связи с этим возрастает интерес к исследованиям, направленным на разработку надежных, помехозащищенных и высокоточных систем ориентации и навигации БПЛА. Особое внимание уделяется системам, основанным на техническом зрении, где цифровая обработка изображений играет ключевую роль.

Традиционно решение задач ориентации и навигации БПЛА основывается на совместной обработке информации от глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) и бесплатформенной навигационной системы (ИНС). Каждая из систем ИНС или ГНСС не может применяться по отдельности [1]. Так, например, сигнал ГНСС подвержен как естественным (деревья, горы, городские строения), так и искусственным помехам (преднамеренное подавление или электромагнитные поля), также при отсутствии прямой видимости спутников оценка местоположения БПЛА становится ненадежной. Ключевым фактором является ионосферная погрешность, которая обычно составляет до 100 м, но во время ионосферных бурь сигнал ГНСС может прерываться, что недопустимо для автономных БПЛА. В свою очередь ИНС имеет ряд недостатков, главным из которых является накопление погрешностей с течением времени, вызванных инструментальными погрешностями гироскопов и акселерометров. Кроме того, на основе лишь информации с ГНСС невозможно решить задачу возвращения БПЛА на базу при потере сигналов управления.

В связи с этим возникает научно-техническая задача полной или частичной замены данных с ГНСС и разработки альтернативной системы навигации и управления, использующей эталонную информацию в виде цифровой карты местности, компьютерное зрение и интеллектуальные методы обработки данных.

В качестве такие системы рассматривается система визуального позиционирования, которая состоит из следующих элементов:

- 1) видеокамера — захватывает видеопоток подстилающей поверхности;
- 2) блок памяти — устройство, предназначенное для хранения эталонной информации;
- 3) вычислительное устройство — автоматически выполняет математические операции, заложенные алгоритмом визуальной навигации (например, одноплатный компьютер).

Считается [2], что алгоритмы визуальной навигации делятся на корреляционно-экстремальные, основанные на ключевых точках и основанные на нейросетях. Лучше всего зарекомендовали себя алгоритмы, основанные на ключевых точках. Проблемой таких алгоритмов является высокое энергопотребление из-за необходимости оптического потока работать с момента старта и во время всего полета БПЛА. Решением этой проблемы является отказ от оптического потока и вызов алгоритма визуальной навигации только в моменты пропадания СНС, что позволит снизить энергопотребление системы и увеличит время ее автономной работы.

В основе разработанного алгоритма визуальной навигации лежит сравнение ключевых точек эталонного изображения и изображения, полученного с БПЛА. Ключевые точки — это такие точки изображения, которые вероятнее всего будут найдены на другом изображении одной сцены. Чтобы различать ключевые точки применяют дескриптор — идентификатор ключевой точки. Для извлечения ключевых точек изображений используются методы детектирования, которые обеспечивают инвариантность нахождения одних и тех же особых точек (их координат) относительно преобразований изображений, что позволяет получить инвариантность относительно: смещения, поворота, масштаба, изменения яркости и положения камеры. Алгоритмы, основанные на ключевых точках, позволяют оперировать

меньшим количеством информации для сопоставления данных и обеспечивают высокую надежность сравнения.

В связи с этим разработана математическая модель метода визуальной навигации, и проведено исследование метода с целью получения точностных характеристик модели. Точность позиционирования $RMSE = \pm 4,21$ пикс или (с учетом пространственного разрешения спутникового снимка) $\pm 2,105$ м, а средняя частота выдачи навигационного сигнала $\nu_{sp} = 1/\tau_{sp} = 0,38$ Гц. Ввиду низкой частоты обновления навигационной информации, разрабатываемую систему следует рассматривать как средство коррекции инерциальной навигационной системы [3].

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания FEWG-2022-0002.

Список используемых источников:

1. Карцан Т.И., Дмитриев Д.Д., Карцан И.Н., Тяпкин В.Н., Самойлов Е.А. Комплексирование ГНСС-приемников и инерциальных датчиков // Решетневские чтения. 2015. №19.

2. Али Б., Садеков Р. Н., Цодокова В. В. Алгоритмы навигации БПЛА с использованием систем технического зрения // Гироскопия и навигация. Том 30. №4 (119), 2022. С. 87–105. DOI 10.17285/0869-7035.00105.

3. Бехлер, И.А. Алгоритм навигации летательного аппарата с использованием систем технического зрения / И. А. Бехлер, В. В. Матвеев // XXI Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых «Техника XXI века глазами молодых ученых и специалистов» / под ред. А.В. Прохорцова. — Тула: Изд-во ТулГУ, 2023. — С. 75–81.

Разработка методики проверки акселерометра по термометле при непрерывном изменении температуры

Гавриленко В.В., Суворов А.С., Суворова М.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Акилин В.И.

МАИ, Москва

Для решения задач навигации, пилотирования и управления объектами в настоящее время разработан и используется целый ряд навигационных приборов и устройств, основанных на различных физических принципах и отличающихся объемом получаемой информации, точностными характеристиками, способностью работать в автономном режиме и некоторыми другими параметрами.

Современный этап развития техники, характеризующийся ростом скоростей и высот полета, а также увеличением интенсивности воздушного движения, предъявляет все более жесткие требования к навигационному оборудованию. В первую очередь эти требования связаны с повышением точности решения задач навигации.

При решении навигационных задач в качестве основного источника полетной информации авиационных летательных аппаратов широкое применение нашли бесплатформенные инерциальные навигационные системы, обеспечивающие автономное получение практически всего необходимого объема информации как о параметрах движения центра масс объекта, так и о его ориентации в пространстве и обладающие практически неограниченным диапазоном измерения этих параметров. Однако некоторые погрешности инерциальных систем носят нарастающий с течением времени характер, из-за чего в ряде случаев в автономном режиме работы они не обеспечивают требуемой точности решения навигационных задач на борту объекта. В связи с этим первостепенной задачей, возникающей при построении комплексов, использующих инерциальные системы в качестве основного измерителя, является повышение точности работы этих систем.

Одним из основных датчиков первичной информации современных бесплатформенных инерциальных навигационных систем является маятниковый кварцевый акселерометр с компенсационной обратной связью. Авторы данной работы, наряду с обучением в МАИ

(НИУ), являются сотрудниками ПАО «Московский институт электромеханики и автоматики» и по роду своей профессиональной деятельности связаны с проектированием и исследованием данных приборов.

Возросшие в последние годы требования к количеству и точности комплексных систем навигации не могут быть обеспечены только непрерывным совершенствованием технологического процесса производства акселерометров. Для обеспечения выпуска достаточно точных приборов необходимо увеличить выпуск продукции и производить их селективный отбор по точности.

На данный момент каждый прибор проходит несколько этапов контроля, в которых используется метод, при котором акселерометр проходит проверки в температурных точках от минус 60 до +70 °С, с задержкой в каждой температурной точке. Проверка по данному методу занимает около 50 часов. В условиях резко увеличившегося выпуска акселерометров необходимо было разработать и практически отладить методику для ускоренной проверки акселерометров без потери точности.

Новая методика содержит два испытания акселерометра в положении +g и -g при температурах от +70 до минус 60 °С и обратно и требует одновременного определения выходных сигналов акселерометра и термодатчика при непрерывном изменении температуры.

Далее создаются полиномы, описывающие изменение выходного сигнала акселерометра в положениях +g и -g в зависимости от температуры.

В результате данных проверок можно получить данные о крутизне характеристики термодатчика, смещении нулевого сигнала, погрешности базы, крутизне выходной характеристики акселерометра и их температурных коэффициентах. Температурные характеристики могут быть получены с любой необходимой точностью.

Проверки акселерометра по упрощенной методике показали результаты близкие к результатам проверок по методике, использующейся в данный момент. Выполнение алгоритма проверки новой методики занимает 16 часов.

Таким образом, в процессе работы, была создана методика, которая позволяет существенно уменьшить время на проверку акселерометра.

В докладе рассматриваются кварцевые маятниковые акселерометры, методики их проверки, разрабатывается новая методика, позволяющая существенно сократить время проверки характеристик акселерометра.

Разработка автоматической системы посадки оптического диапазона для БПЛА вертолётного типа

Гончарова Е.К.

Научный руководитель — Егоров В.В.

МАИ, Москва

В последние годы во всем мире наблюдается повышение интереса к использованию БПЛА вертолётного типа, так как по характеристикам у такого БПЛА более длительное время полета, грузоподъемность, высокая маневренность. Очевидным преимуществом БПЛА вертолётного типа являются способность зависания в точке и работа в маленьком пространстве. Самой опасной частью полёта воздушного судна (ВС) является посадка, которая всегда выполняется в ручном режиме при помощи радиоэлектронных и спутниковых систем захода на посадку, но они имеют ряд недостатков. Глобальная спутниковая навигационная система (ГНСС) не везде доступна, имеет большие погрешности, слабо помехозащищена. Радиоэлектронная система посадки также имеет низкую помехозащищенность, громоздкость и высокие требования к установке аппаратуры. Поэтому актуальной становится задача создания мобильной системы посадки, позволяющей осуществить вертикальный заход на ограниченную площадку в автоматическом режиме. Это позволит свести потери БПЛА к минимуму и расширить возможность посадки на ограниченную площадку.

Для решения проблемы, связанной с посадкой БПЛА вертолетного типа предлагается использовать автоматическую оптическую малоканальную систему посадки. Она имеет ряд преимуществ:

1. Мобильность
2. Помехозащищенность
3. Высокая разрешающая способность

Автоматическая оптическая малоканальная система (АОМС) состоит из наземного (четыре оптических приемника, один оптический передатчик) и бортового (один оптический приемник, один оптический передатчик) оборудования. По периметру посадочной площадки расположены четыре четырехканальных световых приемника, которые принимают сигнал излучателя, расположенного на борту БПЛА, и позволяют оценить его местоположение относительно центра посадки. Затем на земле рассчитываются поправки координат относительно посадочного центра и с помощью оптического передатчика, расположенного на земле, передаются на бортовой приемник. Тем самым осуществляется автоматическая поправка положения БПЛА относительно центра посадки.

В течение работы была собрана экспериментальная модель и протестирована в различных условиях. Данная модель показала хорошие результаты и в дальнейшем предполагается разработка опытного образца автопилота БПЛА с учётом дополнения его каналом корректировки данных ГНСС.

Список используемых источников:

1. БПЛА вертолетного типа: области применения, задачи и преимущества [Электронный ресурс] // UAVPROF : [сайт]. [2024]. URL: <https://uavprof.com/solutions/bpla-vertolyotnogo-tipa/>. (дата обращения: 25.02.2024)
2. Бурага А. В., Костюков В. М. Сравнительный анализ пассивных методов измерения дальности для малого беспилотного летательного аппарата // Труды МАИ. 2012. № 53.
3. Агеев А. М., Беляев В. В., Бондарев В. Г., Проценко В. В. Системы автоматической посадки беспилотных летательных аппаратов: проблемы и пути решения // Военная мысль. 2020. № 4

Результаты отработки способа ориентации космического аппарата на солнце без использования солнечного датчика

Елпатов А.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Мурыгин А.В.
АО «РЕШЕТНЁВ», СибГУ им. М.Ф. Решетнёва, Красноярск

Концепция построения системы ориентации и стабилизации космических аппаратов в режиме начальной ориентации на Солнце, как правило строится на основе алгоритмов, использующих показания солнечного датчика и измерителя угловой скорости. В данной работе описаны и приведены результаты верификации способа проведения режима начальной солнечной ориентации на основе показаний только звёздного прибора [1]. Прибор звёздный представляет собой оптико-электронный прибор ориентации по звездам и предназначен для определения и выдачи информации об угловой ориентации и угловых скоростях системы координат, связанной с прибором, относительно геоцентрической системы координат, на основе загруженных звёздных карт [2]. Режим начальной солнечной ориентации предназначен для осуществления ориентации солнечных батарей на Солнце. Способ заключается в определении вектора-направления на Солнце в связанных осях космического аппарата (КА), который определяется путём перевода вектора-направления на Солнце из инерциальной системы координат (рассчитывается на борту в зависимости от даты) в связанную с помощью кватерниона перехода от инерциальной системы координат к связанной, вычисленного по показаниям звёздного прибора [3]. Управляющие координаты вычисляются из значений компонент вектора-направления на Солнце в связанных осях КА. В качестве закона управления двигателями-маховиками выбран ПД-регулятор, где используются вычисленные выше управляющие координаты и угловые скорости по показаниям звёздного прибора [4]. Схема построения системы ориентации и стабилизации без использования солнечного датчика и измерителя скорости была применена на КА Скиф-Д. По результатам лётной эксплуатации

была подтверждена корректная отработка начальных режимов, что подтверждает возможность построения системы ориентации и стабилизации без использования солнечного датчика и измерителя скорости. Режим ориентации на Солнце был отработан более 1000 раз, поскольку КА Скиф-Д в процессе штатной эксплуатации постоянно переходит от трёхосной к солнечной ориентации и наоборот. Время ориентации на Солнце в худшем случае не превышает 10 минут. Переходные процессы составленные по показаниям телеметрии ориентации нормализованы к панелям солнечных батарей спутника Скиф-Д на Солнце и по показаниям гашения угловых скоростей наглядно доказали корректную работу режима солнечной ориентации с использованием алгоритма на основе показаний звёздного прибора. По результатам работы следует, что режим начальной ориентации на Солнце успешно реализован и применен без использования солнечного датчика и измерителя угловой скорости, что позволило оптимизировать масса-энергетические характеристики КА и сохранить показатели надёжности.

Список используемых источников:

1. Системы ориентации космических аппаратов / В. Н. Васильев. — М.: ФГУП «НПП ВНИИЭМ», 2009. — 310 с.
2. Баллистика и навигация космических аппаратов: учебник для вузов / Н.М. Иванов, Л.Н. Лысенко. — 3-е изд. перераб. и доп. — Москва, Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. — 523 с.
3. Раевский В.А., Тестоведов Н.А., Лукьяненко М.В., Якимов Е.Н., Вилков Ю.В. Современные системы управления движением космических аппаратов связи, навигации и геодезии. -Красноярск: 2020. — 516 с.
4. Раушенбах Б.В., Токарёв Е.Н. «Управление ориентацией космических аппаратов», Изд-во: «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, М., 1974, 600 стр.

Система управления механизацией крыла среднемагистрального самолета

Жильцова Е.Н.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Рыбников С.И.

МАИ, Москва

В связи с непрерывным развитием авиации и использованием в ней различных компонентов, таких как механизация крыла, которая играет важную роль в обеспечении безопасности и эффективности полета, закрылки также имеют важное значение. Например, на ТУ-204 они предназначены для регулирования аэродинамических характеристик крыла на различных режимах полета, что позволяет улучшить взлетно-посадочные характеристики. Следовательно, усовершенствование системы механизации крыла позволит повысить аэродинамическую эффективность, экономить топливо и в целом улучшать общую производительность самолетов.

В рамках концепции самолета с повышенным уровнем эффективности полета, рассматривается разработка математической модели системы управления механизацией крыла среднемагистрального самолета. Данная разработка позволит:

- 1) повысить эффективность проведения расчетов;
- 2) проводить часть исследований в рамках математической модели.

Для обеспечения точности функционирования системы управления механизацией крыла и для приближения модели к реальной, было изучено:

- 1) элементы трансмиссии, включающие в себя: редуктора, ограничитель момента, привода, тормоз и датчики;
- 2) кинематика элементов, входящих в состав системы управления механизацией крыла;
- 3) законы управления элементами, входящих в состав системы управления механизацией крыла.

В работе выполнено исследование системы управления механизацией крыла методом компьютерного моделирования и на основании полученных результатов, угла отклонения закрылков, проведен анализ динамики системы и показана эффективность математической модели.

Список используемых источников:

1. Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Детали машин. Курсовое проектирование: Учеб. пособие для машиностроит. спец. учреждений среднего профессионального образования. — 5-е издание, дополн. — М.: Машиностроение, 2004. — 560 с.,
2. Корольков О.Н., Резниченко Г.А. «Система управления самолета» 2007 г.

Алгоритмы для корректировки показаний датчика магнитного поля Земли

Канунников Е.И., Пинчукова И.А., Чижик А.П.

Научный руководитель — к.т.н. Горожеев М.Ю.

МАИ, Москва

Навигационные системы являются неотъемлемым компонентом любого летательного аппарата, начиная от лёгких квадрокоптеров и до больших транспортных самолётов. Спутниковые системы позволяют в любой момент определить точные координаты, однако такой способ навигации уязвим к внешнему вмешательству и может быть вовсе перехвачен или испорчен. Поэтому на летательных аппаратах так же используются другие навигационные приборы, основанные на фундаментальных физических принципах. На современные самолеты устанавливают бесплатформенные инерциальные навигационные системы, ключевыми чувствительными компонентами которых являются гироскопы и акселерометры. Такие системы отличаются высокой степенью точности навигации, однако в процессе полета они постепенно аккумулируют ошибки измерений, требующие коррекции. Для этого в бесплатформенные инерциальные навигационные системы устанавливают различные приборы для коррекции ошибки.

Одним из таких приборов является датчик магнитного поля Земли. Благодаря ему можно узнать точное направление на север. Однако показания датчика необходимо исправлять, так как внешние магнитные поля вносят существенные возмущения. Для этого разработаны специальные программные алгоритмы калибровки. Они позволяют устранить погрешности вносимые магнитомягкими и магнитотвердыми металлами. Без коррекции магнитный датчик скорее всего показывал бы всегда в одном направлении, так как во время полета на самолете присутствует много магнитных полей, которые легко перекрывают относительно слабое поле Земли.

В докладе будет рассмотрено несколько основных источников погрешностей в измерениях, производимых датчиком магнитного поля Земли. В частности, будет исследовано влияние магнитомягких и магнитотвердых металлов, находящихся вблизи датчика, а также влияние температуры окружающей среды на точность измерений. Также будут представлены алгоритмы для минимизации данных ошибок и проведено сравнение результатов коррекции измерений с использованием данных алгоритмов на конкретном примере датчика магнитного поля.

Разработка алгоритма управления интерцепторами по каналу тяги при крутом вертикальном снижении в системы автоматического управления посадкой

Кирлашева А.А.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Кузнецов А.Г.

МАИ, Москва

Одной из современных проблем теории управления самолетом остается исследование задачи системы автоматической посадки, так как это один из самых сложных для синтеза режимов. Для расширения функциональных возможностей режима управления и стабилизации скорости полета самолета предлагается способ формирования управляющего сигнала на интерцепторы.

Рассматривается случай с недостаточной эффективностью сигнала управления в канале тяги пассажирского самолета в режиме торможения для обеспечения своевременного захвата глиссады. Предложено разработать алгоритм формирования вспомогательного сигнала управления секциями интерцепторов с получением оценки эффективности управления

самолетом. Для отслеживания и стабилизации приборной скорости пассажирского самолета при захвате глиссады используется разница текущей и заданной скорости полета.

В докладе представлены расчеты и реализация сигнала управления на секции интерцепторов для случая, когда в канале тяги недостаточно эффективности сигнала управления двигателем для уменьшения приборной скорости самолета. Исследование математической модели системы управления реализовано в системе автоматизированного проектирования.

Представлены результаты в виде математического моделирования на режимах «Стабилизация приборной скорости» и «Стабилизация вертикальной скорости» при заходе на посадку при условиях попутного, встречного и бокового воздействия воздушных потоков.

По полученным данным можно увидеть, что без использования интерцепторов возрастает ошибка по скорости и требуются резкие перемещения РУД для регулирования приборной скорости. При подключении вспомогательного сигнала на секции интерцепторов в помощь каналу тяги позволило значительно уменьшить ошибку по скорости и обеспечить комфортные условия для работы канала тяги при захвате глиссады в режиме посадки.

Список используемых источников:

1. Шевченко А.М., Гребенкин А.В., Солонников Ю.И. Метод прогнозирования дистанции безопасного торможения самолета / Труды 2-й Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы исследований в авионике: теория, обслуживание, разработки» (АВИАТОР) (Воронеж, 2015). Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2015. Т. 2. С. 188–195.

Алгоритм управления моделью летательного аппарата вертолётного типа

Копьев И.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Симонов В.Л.

МАИ, Москва

Вертолет — это сложный в управлении объект и для его функционирования требуется система управления. Целью данной работы является составление математической модели и разработка алгоритма управления для модели летательного аппарата вертолетного типа.

Сложность в управлении вертолетом заключается в создаваемом обратном вращательном моменте при вращении несущего винта, а также в согласовании трех каналов управления. В качестве входных данных в рассматриваемой модели используются изменения тяги несущего и рулевого винтов, а также угла наклона лопастей несущего винта. Самый сложный канал для управления в модели основан на автомате перекаса, который используется для создания разной подъемной силы на разных участках вращения винта.

Математическая модель синтезирована на основе конструкции вертолётa с одним несущим винтом для создания и направления аэродинамической силы и рулевым винтом для компенсации крутящего момента от несущего винта.

Для отображения результатов моделирования и ввода сигналов управления использовался открытый язык программирования processing. С помощью данного языка на экран компьютера выводится панель с данными о работе системы, а также активные элементы, позволяющие задавать входные воздействия. При запуске программы производятся расчеты параметров летательного аппарата вертолетного типа при параметрах заданных с помощью активных элементов для ввода данных, а при приближении параметров к критическим значениям в окне программы высвечивается предупреждение.

В результате был разработан алгоритм управления, позволяющий не превышать критический параметр движения модели летательного аппарата вертолетного типа при движении согласно трем режимам полета, а именно вертикальным и горизонтальным полетам, а также наборе высоты и снижения по наклонной траектории.

Список используемых источников:

1. Киселев Д.Ю., Киселев Ю.В. Общие сведения и конструкция системы управления вертолета Ми-8. М., Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева, 2012. с. 47.

2. Моисеев В.С. Беспилотные вертолеты. Современные состояние и перспективы развития. М., Редакционно-издательский центр «Школа», 2019. с. 596.

3. Власов К.П. Теория автоматического управления. Учебное пособие. Х.: Изд-во Гуманитарный центр, 2007. с. 522.

Применение методов фрактальной геометрии совместно с геоинформационными технологиями при навигации летательных аппаратов

Лазарев А.М., Мамедов Р.В., Степанов Г.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бурковецкий К.А.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург

В различных странах мира проводятся работы по созданию летательных аппаратов (ЛА), которые предназначены для обнаружения и идентификации подвижных и стационарных объектов. Пилот-оператор здесь по-прежнему является звеном контура управления полетом, но он не находится в пилотской кабине. Для решения задач навигации и пилотирования на всех этапах полета используется пилотажно-навигационный комплекс (ПНК), включающий две подсистемы: пилотажную и навигационную. В результате использования ПНК достигается высокая степень автоматизации управления ЛА, что упрощает работу пилота-оператора и повышает эффективность выполнения задач. Установить множество оборудований невозможно, поэтому упростить бортовое навигационное оборудование можно за счет применения спутниковых навигационных систем, который предоставляет возможность получить уникальное по своим возможностям средства навигации способный обеспечить потребителя — САУ — точной навигационной информацией на всех фазах полета. Существенно облегчить как управление ЛА, так и отображение получаемой информации может применение в системе дистанционного управления электронных карт местности (ЭКМ). ЭКМ представляют собой цифровые изображения местности, которые хранятся в памяти бортового компьютера и могут отображаться на экране дисплея пилота. Работа с ЭКМ осуществляется с помощью программных комплексов, именуемых геоинформационными системами (ГИС). ГИС позволяют пилотам отображать на экране дисплея различные данные о местности. Пилоты могут использовать ГИС для планирования маршрута полета, поиска альтернативных аэродромов и получения информации о погодных условиях. Рельеф подстилающей земной поверхности является важным фактором, который влияет на условия функционирования навигации ЛА. Холмы и горы могут создавать помехи для сигнала, что может привести к неточности навигационных данных. В некоторых случаях рельеф местности может препятствовать прямому наблюдению за целями, что может затруднить их обнаружение и идентификацию.

Математическое описание сложной пространственной структуры рельефа земли основывается на применении методов теории случайных функций. Для эффективного моделирования рельефа подстилающей поверхности используются параметрические модели случайных полей, которые позволяют создавать алгоритмы с минимальными вычислительными затратами. Кроме того, для дальнейшего упрощения расчетов можно использовать методы фрактальной геометрии, которые позволяют с легкостью создавать сложные и реалистичные изображения. Фрактальная геометрия — это математическая теория, изучающая структуры, которые повторяют самоподобие на разных уровнях масштаба. То есть, каждая малая часть фрактального множества, когда ее увеличивать, будет похожа на всё множество в целом. Использование методов фрактальной геометрии способствует более глубокому пониманию и моделированию различных явлений в мире.

Существует множество методов моделирования фрактальных изображений, одним из которых является алгоритм построения реалистичных изображений рельефа, привязанных к конкретной карте местности заданного региона, на основе последовательных случайных сложений.

Для моделирования используется сетка, состоящая из однородных квадратных ячеек, а исходные данные представляются значениями высот подстилающей поверхности в узлах сетки, которые могут быть получены экспериментально или из карты региона.

Алгоритм предполагает выполнение следующей последовательности действий:

Проводится интерполяция и находится возвышение в центре ячейки — точке с координатами (0.5;0.5), измеренными в таких единицах, что сторона исходной элементарной ячейки равна 1. Возвышение в точке (0.5;0.5) равно:
 $Z(0.5,0.5) = (Z(0,0) + Z(1,0) + Z(1,1) + Z(0,1))/4$. К полученному возвышению прибавляется число,

вырабатываемое датчиком независимых гауссовских случайных чисел с нулевым МО и дисперсией, определяемой по формуле: $\sigma^2 = r^2 \cdot N \cdot H$. В результате имеем уровень поверхности в центре элементарной ячейки.

Проводится интерполяция и находятся возвышения в четырех точках с координатами (0,5,0), (0,0,5), (1,0,5), (0,5,1), измеренными в таких единицах, что сторона элементарной ячейки равна 1. Например, возвышение в точке (0,5,0) равно $Z(0,5,0) = (Z(0,0,0) + Z(1,0,0))/2$. К полученным вершинам прибавляются независимые гауссовские случайные числа с дисперсией $\sigma^2 = r^2 \cdot N \cdot H$, где N — номер шага (начиная с $N=0$), $r=10 \cdot \llbracket 0.5 \rrbracket^{0.5}$ — масштабный коэффициент, отражающий изменение в расстоянии между старыми и новыми точками, H — показатель Херста.

Таким образом, на данном этапе элементарная ячейка разделилась на четыре подобласти. Применяя ту же последовательность операций к каждой из этих областей получаем значения высоты в новых точках. Аналогичные вычисления выполняются для каждой элементарной ячейки

Таким образом, на данном этапе элементарная ячейка разделилась на четыре подобласти. Применяя ту же последовательность операций к каждой из этих областей получаем значения высоты в новых точках. Аналогичные вычисления выполняются для каждой элементарной ячейки.

Список используемых источников:

1. Коваленкова Н.В., Применение методов фрактальной геометрии в анализе, синтезе и передаче изображений / Н.В. Коваленкова, 1991.
2. Сергеев, Г.А., Янудш Д.А. Статистические методы исследования природных объектов / Г.А. Сергеев, Д.А. Янудш. — Ленинград: Гидрометеиздат, 1973.
3. Шалыгин А.С., Бородавкин В.А., Разработка имитационных моделей и методов управления сложными системами с учетом воздействий в виде случайных полей. — Г/б НИР Р6-05-6578 / А.С. Шалыгин, В.А. Бородавкин, 1999.

Разработка алгоритма локализации дорожных знаков системы распознавания с помощью нейросетевых технологий

Леонтьева Ю.Б.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кананадзе С.С.

МАИ, Москва

Системы распознавания дорожных знаков имеют большое значение в современном мире, так как способны предупредить водителя о различных ограничениях на дороге, опасных участках, а также в целом снизить вероятность возникновения дорожно-транспортного происшествия.

Для поиска объектов на изображении часто используется метод скользящего окна [1]. Этот метод выделяет некоторый непрерывный участок данных и «перемещается» по всему набору. В качестве альтернативного решения предлагается разделить изображения на равные по разрешению изображения с меньшим размером. Это необходимо для более углубленного изучения признаков при работе с нейросетью.

В представленной работе использован метод локализации дорожных знаков, реализованный посредством обучения и объединения 5 бинарных классификаторов для получения наилучшего результата поиска объекта. При выполнении алгоритма локализации была использована база российских дорожных знаков, предоставленная компанией Геоцентр Консалтинг [2].

В работе создаются и обучаются 5 бинарных классификаторов на изображениях с разными пиксельными размерами: 720x720, 360x360, 180x180, 90x90, 45x45. Каждый классификатор после обучения выдаёт метку 1 или 0, где 1 означает, что знак дорожного движения присутствует на данном изображении, 0 — знак отсутствует. В случае наличия знака дорожного движения на изображении, оно разрезается на 4 равные части и передаётся на следующий классификатор. Последнее изображение, при необходимости, сжимается, и

подаётся на глубокий классификатор для определения класса, к которому оно принадлежит. Размерность вектора входных признаков глубокого классификатора определяет разрешение изображения. Размерность входа бинарного классификатора определялась эмпирически, исходя из затрачиваемой вычислительной мощности на классификацию и из возможности корректного определения класса изображения.

Локализация объекта данным методом происходит быстрее, чем методом, использующим скользящее окно, так как в данном случае выполняется $1+4+4+4+4=17$ операций по вычислению наличия искомого объекта на изображении 720×720 пикселей, а во втором случае — 256 (при окне размером 45×45 пикселей).

Список используемых источников:

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. 3-е изд. — М.: Техносфера, 2012. — 1104 с.

2. rtzd-public // DISK.YANDEX.RU. [Электронный ресурс]. М., 2024. URL: <https://disk.yandex.ru/d/TX5k2hkEm9wqZ> (дата обращения: 16.02.2024).

Система спасения груза БПЛА в случае нештатной полётной ситуации

Махмудов М.Г.

Научный руководитель — Егоров В.В.

МАИ, Москва

В настоящее время в самых различных сферах деятельности человека применяются беспилотные летательные аппараты (БПЛА), вследствие чего всё более востребованной становится профессия оператора данного вида техники. По этой причине с большой уверенностью можно сказать, что в ближайшем будущем дистанционно управляемые БПЛА будут гораздо шире применяться для доставки грузов по воздуху — данный способ доставки имеет множество весомых преимуществ по сравнению с традиционными вариантами, однако, как и всякая идея, он сталкивается и с рядом проблем, решению одной из которых и посвящена данная работа. Речь идёт о проблеме обеспечения сохранности груза в различных нештатных ситуациях, приводящих к падению или сильным перегрузкам БПЛА, к примеру, таких, как: отказ оборудования БПЛА, столкновение с птицей или иным объектом, а также жесткие погодные условия. Таким образом предлагается система спасения груза БПЛА в случае нештатной ситуации.

Ближайшим аналогом предлагаемой системы является система приземления космических аппаратов. Как правило, к данным системам предъявляются гораздо более жесткие требования, так как речь идёт о приземлении с высот, превышающих на несколько порядков высоты, рассматриваемые в работе. Основными недостатками подобных аналогов являются слабая интегрируемость в уже существующие модели БПЛА, высокая сложность изготовления и большая стоимость.

Предлагаемая система предполагает в будущем серийное производство и установку на уже существующих типах БПЛА, а также несколько типоразмеров под различные конфигурации грузов. Процесс работы системы начинается с момента принятия решения о возникновении нештатной ситуации, которое формируется на основе получения данных о состоянии бортовых систем БПЛА, измерения встроенными датчиками перегрузок в различных проекциях, а также параметров среды, после которого происходит физическое отделение системы от БПЛА. Далее приземление системы и груза внутри неё происходит в три этапа: стабилизация системы в пространстве путём изменения аэродинамики конструкции по показаниям встроенных датчиков, торможение с помощью парашютной системы, смягчение касания с поверхностью путём использования амортизирующей подушки. Также после приземления предполагается передача сигнала бедствия встроенным радиопередатчиком.

В ходе выполнения работы была создана модель системы, а также осуществлено моделирование в средах Solid Works и Octave. В результате моделирования были определены требования к облику системы. В дальнейшем, на основании полученной модели предполагается создание прототипа и осуществление испытаний.

Список используемых источников:

1. Бобков В. Н., Васильев В. В., Демченко Э. К. Космические аппараты / под ред. К. П. Феоктистова. М. : Воениздат, 1983. 319 с.
2. Гурова И. И., Добычина Е. М., Земцов Г.П. Устройства генерирования и формирования сигналов / под ред. Р. А. Грановской. М. : МАИ, 2006. 100 с.

Методология посадки квадрокоптера на подвижную платформу с применением телевизионной камеры

Мелюков С.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Фомичев А.В.

МАИ, Москва

Среди всех видов мультироторных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) именно квадрокоптеры получили широкое признание вследствие простоты управления, экономичности и способности вертикального взлёта и вертикальной посадки.

В данной работе представлены результаты разработки методологии и алгоритмов управления для выполнения автономной точной посадки беспилотных летательных аппаратов на подвижные платформы.

В отличие от существующих решений вертикальной посадки на основе сигналов глобальной спутниковой навигационной системы (ГНСС), предлагаемая схема не предполагает применение ГНСС, а использует адаптивный диагональный угол сближения для визуальной посадки. Основная проблема при использовании ГНСС заключается в том, что БПЛА не может вернуться в исходную точку, если сигнал ГНСС слабый или отсутствует.

Методы технического зрения широко применяются для посадки БПЛА на подвижные и неподвижные платформы. Решения на основе технического зрения имеют ряд преимуществ: обеспечивают более точные результаты, могут работать как в замкнутом помещении, так и на открытой местности в условиях динамичной среды [1]. Большинство решений, которые совершенствуются с каждым днем [2], опираются на технологии распознавания объектов и обнаружения краёв объектов, а также используют маркеры, что позволяет БПЛА распознавать платформу и извлекать требуемую информацию для определения относительного положения [3, 4].

Предлагаемый метод посадки включает в себя следующие этапы для БПЛА, оснащенного камерой в карданном подвесе:

1. Поиск и обнаружение посадочной площадки.

- 1.1 Поиск посадочной площадки.

- 1.2 Отслеживание посадочной площадки. БПЛА сохраняет дистанцию и ориентацию относительно места посадки. На этом этапе относительная скорость между БПЛА и подвижной платформой близка к нулю.

- 1.3 Центрирование. БПЛА удерживает обнаруженную посадочную площадку в центре изображения, полученного камерой в карданном подвесе.

- 1.4 Подход к зоне посадки. После обнаружения посадочной площадки и выполнения процесса центрирования, БПЛА выполняет вход в зону посадки.

2. Посадка.

- 2.1 Заход на посадку. На данном этапе уменьшается относительное расстояние между БПЛА и посадочной площадкой.

- 2.2 Регулировка карданного подвеса. Угол обзора камеры изменяется в зависимости от относительного расположения БПЛА и посадочной платформы.

- 2.3 Сближение с посадочной платформой. БПЛА совершает вертикальную посадку, регулируя подвес в соответствии с высотой и требуемой скоростью снижения.

- 2.4 Приземление.

Квадрокоптеры с камерами, как правило, имеют по меньшей мере двухосные карданные подвесы, однако во многих БПЛА, часто используют жесткозакрепленную широкоугольную

камеру вследствие простоты использования, надежности и экономичности. Для адаптации предлагаемого метода к данному типу БПЛА необходимо выполнить следующие шаги:

1. Широкоугольную камеру откалибровать, чтобы улучшить обнаружение и отслеживание цели.

2. На изображении с камеры должен быть реализован виртуальный карданный подвес путем обрезки широкоугольного кадра в стандартное изображение поле зрения;

3. В случае, если БПЛА имеет в своём составе стандартную камеру, то виртуальный карданный подвес может быть реализован путем изменения вертикальной оси центральной точки камеры. Другими словами, координата y центра изображения должна быть скомпенсирована в соответствии со значением угла поворота камеры, как при наклоне посредством карданного подвеса.

Отличительная особенность предлагаемого метода посадки заключается в отсутствии необходимости добавления какого-либо дополнительного оборудования к уже установленному на БПЛА.

В рамках разработанной и описанной выше методологии проведено моделирование посадки БПЛА мультироторного типа, оснащенного телевизионной камерой в карданном подвесе, на посадочную платформу. По результатам моделирования можно удостовериться в том, что данная методология является работоспособной.

Список используемых источников:

1. Alam M. S., Oluoch J. A survey of safe landing zone detection techniques for autonomous unmanned aerial vehicles (UAVs) //Expert Systems with Applications. — 2021. — Т. 179. — С. 115091.

2. Paris A., Lopez B. T., How J. P. Dynamic landing of an autonomous quadrotor on a moving platform in turbulent wind conditions //2020 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). — IEEE, 2020. — С. 9577–9583.

3. Keller A., Ben-Moshe B. A Robust and Accurate Landing Methodology for Drones on Moving Targets //Drones. — 2022. — Т. 6. — №. 4. — С. 98.

4. Marut A., Wojtowicz K., Falkowski K. ArUco markers pose estimation in UAV landing aid system //2019 IEEE 5th International Workshop on Metrology for AeroSpace (MetroAeroSpace). — IEEE, 2019. — С. 261–266.

Оптическая система связи перспективного космического аппарата

Миронова А.О., Андреев Р.А.

Научный руководитель — Сысоев М.А.

Филиал АО «ЦЭНКИ» — «НИИ ПМ им. академика В.И. Кузнецова», Москва

Скорость передачи информации является одной из наиболее важных характеристик в современных сложных технических системах. При рассмотрении процессов передачи информации в космической технике важность указанной характеристики только возрастает.

Для повышения скорости информационного обмена между перспективными изделиями ракетно-космической техники предлагается оснастить космические аппараты системами передачи информации, работающими в оптическом (лазерном) диапазоне. Такие системы связи имеют ряд значительных преимуществ перед системами радиодиапазона:

- 1) Высокая скорость передачи информации, обусловленная высокой частотой сигнала и узкой диаграммой направленности, при габаритах и массе системы меньше соответствующих параметров систем радиодиапазона;

- 2) Защищенность от несанкционированного доступа к информации, что обусловлено узкой диаграммой направленности оптических систем;

- 3) Электромагнитная совместимость и помехоустойчивость.

Системы оптической связи наиболее эффективны в условиях космического вакуума, поэтому применимы в основном в линиях связи непосредственно между космическими аппаратами или автоматическими станциями. Но, при необходимости, каналы оптической связи могут проходить и через атмосферу, например, для передачи информации на различные

летательные аппараты (ЛА) или на наземные приёмные станции, расположенные в высокогорных районах.

Наиболее востребованными будут системы оптического диапазона для космических аппаратов (КА) дистанционного зондирования земли (ДЗЗ). Достижение аппаратурой спутников дистанционного зондирования Земли разрешающей способности порядка десятков сантиметров сопровождается ростом информационной производительности КА ДЗЗ до значений порядка единиц гигабит в секунду. Информация, передаваемая от КА такого типа, может содержать сведения ограниченного распространения, и передача полученных данных с помощью оптических систем связи позволит передавать их с высокой скоростью без риска перехвата информации.

Применение оптических систем связи также актуально для многоспутниковых группировок. С помощью оптических линий связи можно объединить большое количество космических аппаратов в единую информационную сеть, что позволит упростить процесс информационного обмена внутри группировки и управления самой системой в целом.

В интересах создания перспективной спутниковой системы ретрансляции планируется включение терминалов оптической связи (ТОС) в состав бортовой аппаратуры проектируемого КА. Для достижения высокого уровня характеристик оптической линии связи планируется:

1. Использование спектральной развязки приёмника и передатчика (длина волны 1540–1560 нм);
2. Возможность формирования излучения маяка с помощью излучения передатчика;
3. Применение звёздных датчиков для определения положения с точностью до 0.5 угловых секунд;
4. Сужение диаграммы направленности луча передатчика до ширины не более чем в 5 угловых секунд (для обеспечения требуемой скорости передачи информации и дальности связи).

Таким образом, системы оптической связи являются перспективным направлением развития систем связи, особенно для космической техники. Они превосходят системы радиодиапазона по ряду ключевых параметров, а уровень развития современной техники позволяет нивелировать их конструктивные особенности.

Список используемых источников:

1. Н.А. Тестоедов, В.Е. Косенко, Ю.Г. Выгонский, А.В. Кузовников, В.А. Мухин, В.Е. Чеботарев, В.Г. Сомов. Космические системы ретрансляции. — М.: Радиотехника, 2017.
2. Калашников Н.И., Крупицкий Э.И., Дородное И.Л., Носов В.И. Системы радиосвязи: Учебник для вузов / Под ред. Н.И. Калашникова. М.: Радио и связь. 1988. 352 с.
3. Aviv D.G. Laser Space Communications. Artech House.

Особенности постановки воздушных судов в зону ожидания на секторах восточного направления района полётной информации Москвы

Мозжухин Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.и.н. Нечаев В.Н.

МГТУ ГА, Москва

С вводом новой структуры воздушного пространства Московской зоны ЕС ОрВД в декабре 2020 г. произошли значительные изменения в организации рассматриваемого воздушного пространства. Отдельные приводные радиостанции были заменены точками зональной навигации, через которые проходят «бесконфликтные» воздушные трассы с использованием констрейнов (ограничений) по высоте и скорости.

Секторизация Московской зоны представляет собой разделение по географическому принципу. Сектора Районного диспетчерского центра сгруппированы в следующие направления: Восток, Север, Запад, Юг (Пензенское, Воронежское направления) и Центр (транзитный сектор). Наибольшие изменения коснулись секторов восточного направления. Основой концепции новой структуры воздушного пространства стала бесконфликтность

воздушных трасс, что в свою очередь должно помочь увеличить пропускную способность, осуществлять безаварийное УВД и разгрузить от работы диспетчерский состав. Однако в результате эксплуатации новой структуры были выявлены недостатки в виде неоптимизированных зон ожидания на секторах Горький 12 (Нижегородское направление) Востока. Здесь из-за ограниченной площади воздушного пространства, а также зон запретов и ограничений есть некоторые трудности в эксплуатации зон ожидания, а именно опубликованная зона ожидания над точкой зональной навигации TIPID выполняется правым разворотом от воздушной трасс Т 787 в сторону параллельной воздушной трассы L158, где следует встречный поток. В связи с этим возникает повышенное напряжение диспетчерского состава, а фокус внимания смещается в пользу ВС, находящихся в зоне ожидания, в то время как остальная воздушная обстановка в этот период остается без должного анализа. Такая ситуация чревата возникновением авиационных инцидентов и происшествий.

В работе содержится описание предложенной оптимизированной стандартной зоны ожидания над точкой зональной навигации OSNOL. Предложения заключаются в изменении направления разворота с учетом зоны ограничения аэродрома Раменское, а также использования описанных в Глобальном Аэронавигационном Плана ИКАО процедур зональной навигации по типу непрерывного снижения для оптимизации потока прибытия после вывода ВС из зоны ожидания.

Список используемых источников:

1. Постановление Правительства РФ от 11.03.2010 N 138 (ред. от 02.12.2020) «Об утверждении Федеральных правил использования воздушного пространства Российской Федерации».

2. Малыгин В.Б., Губенко С.В., Турков А.Н.ч Новый метод управления воздушным движением в зонах ожидания // Научный вестник МГТУ ГА. 2014. №209. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novyy-metod-upravleniya-vozdushnym-dvizheniem-v-zonah-ozhidaniya> (дата обращения: 26.02.2024).

3. М.А.Чёрный, В.И.Кораблин. Воздушная навигация. Москва «Транспорт» 1973.

Разработка математической модели системы управления и наведения авиационной ракеты

Ногтев С.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Мулин П.В.

МАИ, Москва

Среда MATLAB-Simulink используется для реализации модели управления движением и наведением ракеты класса «воздух-воздух». Эта модель включает в себя модуль аэродинамики, модуль сил и моментов, модуль динамики полета, модель окружающей среды, модуль датчиков, модуль привода, алгоритмы управления и наведения, а также средства визуализации пространственного перемещения ракеты и цели.

Модуль аэродинамики вычисляет аэродинамические коэффициенты для сил и моментов. Эти коэффициенты состоят из трех компонентов. Первичный компонент зависит от угла атаки, угла скольжения и числа Маха. Вторичный компонент зависит от углов отклонения поверхностей управления. Третичная составляющая зависит от угловой скорости вращения ракеты.

Аэродинамические коэффициенты преобразуются в силы и моменты, действующие на летательный аппарат, с помощью блока сил и моментов. Блок динамики полета (FDU) преобразует силы и моменты, действующие на ракету, в кинематические параметры, включая координаты, линейную и угловую скорость, линейное и угловое ускорение, углы ориентации (Эйлера) и матрицу направляющих косинусов (DCM).

Модель окружающей среды включает в себя гравитационную модель Земли WGS84 [1], а также атмосферные факторы, включая температуру, скорость звука, давление и плотность, которые изменяются в зависимости от высоты.

Сенсорная модель содержит датчики угловой скорости и ускорения, которые измеряют угловые скорости ракеты и линейное ускорение соответственно.

Модель привода представляет собой жесткий сервопривод с ограниченным положением и скоростью тяги сервопривода. Компьютер системы управления вводит данные об углах атаки, скольжении, числе Маха, линейных ускорениях и угловых скоростях, а также о необходимом нормальном ускорении.

Управляющие команды вырабатываются на выходе компьютера и передаются на приводы на рулевых поверхностях.

Система управления включает в себя три канала управления: один для поперечного ускорения, один для стабилизации крена и один для управления нормальным ускорением. Для стабилизации крена используется пропорционально-интегральный регулятор, в то время как для управления обычным ускорением используется трехконтурная блок-схема, включающая измерения с акселерометра, расположенного перед центром масс, и датчика угловой скорости для дополнительного демпфирования. Система управления реализована в компьютерном блоке. В дополнение к традиционному регулятору был сформулирован закон управления, основанный на нейронной сети, и подробно описаны результаты сравнения двух подходов.

Блок наведения имитирует работу головки самонаведения и придерживается принципов пропорционального наведения. Он облегчает поиск, захват и сопровождение цели с помощью системы наведения, генерируя необходимые нормальные ускорения в точке входа системы управления ракетой.

Список используемых источников:

1. <https://www.mathworks.com/help/simulink/slref/designing-a-guidance-system-in-matlab-and-simulink.html>
2. George M. Siouris. Missile Guidance and Control Systems. — Published by Springer New York. ISBN 978-0-387-00726-7
3. Лебедев А.А., Чернобровкин Л.С. Динамика полета беспилотных летательных аппаратов. Учебное пособие для вузов. Изд. 2-е, переработанное и доп. М., «Машиностроение», 1973, 616 с.
4. Толпегин О.А., Новиков В. Г. Математические модели систем наведения летательных аппаратов. — Коломна: Издательство КИ(ф) МГОУ, 2011 — 112 с.

Разработка математической модели электрогидравлического привода управления положением закрылков

Овчинников М.Е.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Белоногов В.Д.

МАИ, Москва

В современных летательных аппаратах (далее по тексту ЛА) для осуществления управления механизацией крыла используют приводы различного исполнения: гидравлические, электрические, электромагнитные, электрогидравлические и т.д. Электрогидравлические приводы (далее по тексту ЭГП) на современном этапе внедряются в перспективные разработки авиационной отрасли активнее остальных благодаря ряду своих преимуществ, которые особенно важны для применения в новых гибридных и электрических ЛА. В частности, такими преимуществами электрогидравлических приводов являются:

1. Мощность привода и его быстродействие — требуются для управления рулевыми поверхностями, шасси и другими системами ЛА. ЭГП способны обеспечить данные параметры, что важно для эффективности и безопасности полёта.

2. Надёжность — является критическим аспектом компонентов ЛА. ЭГП обладают высокой степенью надёжности благодаря применению гидравлических компонентов. Также есть возможность использования 2-х канальных ЭГП для обеспечения сохранения рабочих функций во время полёта ЛА.

3. Регулировка и управление — важные факторы для обеспечения стабильности и манёвренности во время полёта, которые обеспечиваются за счёт возможности управлять

малорасходным дросселем с помощью золотников, что влияет на снижения непроизводительных энергозатрат. Также такие золотники могут быть выполнены без внутренних каналов, что в свою очередь минимизируют массу, размер и поток протекающей гидрожидкости.

4. Работа в широком диапазоне температуры, изменяющийся на протяжении полёта.

5. Долговечность — ЭГП могут обеспечивать долгий срок службы при правильном обслуживании, что позволяет снизить частоту ремонта и обслуживания.

6. Возможность применения в таких приводах двухкаскадного электрогидравлического усилителя.

Эти преимущества, а также ряд других делают электрогидравлические приводы привлекательным выбором для летательных аппаратов, обеспечивая высокую производительность, безопасность и надёжность в различных условиях полёта ЛА.

На основании вышеизложенного возникает необходимость разработка математической модели электрогидравлического привода максимально приближенной к реальной, что позволит оптимизировать работу привода за счёт новых решений, улучшить точность управления системы и снизить энергопотребление, что актуально в свете стремления к повышению эффективности и экологической устойчивости авиационной техники. Важно также то, что адекватная математическая модель электрогидравлического привода позволит снизить затраты при производстве привода за счёт возможности проведения ряда испытаний непосредственно по таким моделям.

Результатом работы является математическая модель, в которой например, учитывается кинематика, а также возможность получения и анализа данных с датчиков, что в значительной мере приближает динамику модели к практической реализации, улучшает ряд других её характеристик при незначительном повышении вычислительной трудоёмкости.

Список используемых источников:

1. Алексеев А.С., Ермаков С.А., Константинов С.В., Кузнецов В.Е., Оболенский Ю.Г., Редько П.Г. Системы электрогидравлических рулевых приводов комплексов управления полетом самолетов. — М.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2019 г. — 517 с.

2. Редько П.Г., Амбарников А.В., Ермаков С.А., Карев В.И., Селиванов А.М., Трифонов О.Н. Гидравлические агрегаты и приводы систем управления полетом летательных аппаратов. — М.: Изд-во «Олита», 2004. — 472 с.

3. Штыков В.А., Уваров В.Г. Эволюция отечественного гидропривода механизации крыла 1960-2000г.г. Доклад на международной конференции, посвященной 100-ю кафедрой «гидромеханика, гидропривод и гидропневмоавтоматика» МГТУ им. Н.Э. Баумана. М.: 2014.

4. Казанцев В.П. Системы управления исполнительными механизмами. — М.: Изд-во Пермского нац. исследовательского политехн. ун-та, 2015. — 274 с.

Влияние углового движения отделяющихся частей перспективных средств выведения на отклонение возможных точек падения в заданный район

Рямова С.А., Жуков Я.А., Тихонов М.А.

Научный руководитель — Кабаков В.В.

МАИ, Москва

В данной научной статье проведено исследование, направленное на анализ влияния углового движения отделяющихся частей перспективных средств выведения (ПСТВ) на отклонение возможных точек падения в заранее заданный район. Исследование включает в себя создание математической модели для описания возмущенного движения отделяющихся частей перспективных средств выведения и предлагает методику оценки влияния углового движения отработавших ступеней на отклонение точек падения.

Для достижения поставленных целей была разработана математическая модель, учитывающая различные факторы, такие как аэродинамические силы, гравитационное притяжение, и другие воздействия, влияющие на движение отделяющихся частей ПСТВ. Для проверки модели было проведено обширное количество статистических испытаний —

199 000, что обеспечило статистическую достоверность результатов. Полученные величины отклонений параметров движения составили $\Delta L = 593$ м и $\Delta B = 30$ м, что является значительным воздействием на точность падения объектов в заданный район.

Результаты показали, что даже незначительные отклонения параметров углового движения могут привести к значительным изменениям в координатах точек падения. Это подчеркивает важность учета углового движения отделяющихся частей для обеспечения безопасности и точности при использовании ракет-носителей. Полученные результаты могут быть использованы для разработки и усовершенствования систем управления и навигации космических аппаратов.

Таким образом, проведенное исследование не только предоставило качественную математическую модель, учитывающую случайные величины, но и провело обширные статистические испытания для подтверждения ее эффективности. Его результаты могут быть применены при разработке и усовершенствовании систем управления и навигации перспективных космических аппаратов.

Список используемых источников:

1. Сихарулидзе, Ю. Г. Баллистика летательных аппаратов. — М.: Наука, — 1982. — 352 с.
2. Казаков, Р.Р. Модель закона распределения координат точек падения отделяющихся частей перспективных средств выведения Р.Р. Казаков, В.Л. Захаров, Д.В. Смирнов // Известия Института инженерной физики. Выпуск № I (59) Серпухов: МОУ ИИФ, 2021, с. 20–23.
3. Р.Р. Казаков, Э.Р. Мингалиев Исследование влияния различных возмущающих факторов на отклонение координат точек падения отделяющихся частей ракет-носителей // «Оборонный комплекс научно-техническому прогрессу». — М.: ОКБ ИП, 2015. — №2(126), С. 29–35.

Инерциальная навигация для коптеров

Саакян В.Р., Мелконян В.Г., Киракосян Л.А.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Асатрян Д.Г.

Российско-Армянский университет, Ереван, Армения

Алгоритмы управления коптеров обычно полагаются на глобальную систему позиционирования (GPS), которая может быть недоступна по различным причинам, включая препятствия для сигнала GPS, плохие погодные условия и намеренные помехи, такие как подавление или спуфинг. В таких случаях автономное продолжение полета становится сложным. Для решения этой задачи разработана инерциальная навигационная система, обеспечивающая продолжение полета в условиях отсутствия сигнала GPS, на основе Ardupilot [1] — системы автопилота с открытым исходным кодом, и dronekit-python [2] — библиотеки для разработки кода для дронов. Разработанная система реализует иерархию стратегий запасных вариантов, которые могут использоваться в случае потери сигнала GPS.

Первая стратегия включает метод dead reckoning [3] с использованием компаса, инерциальных измерительных устройств (IMU) и оценок скорости. Предположим, у нас есть две точки, А и В, с известным расстоянием d и азимутальным углом α от В до А. Чтобы переместиться от точки В к точке А, алгоритм dead reckoning поддерживает постоянную высоту с помощью контроллера высоты, поворачивает на α градусов, чтобы выровняться с точкой А, а затем движется вперед с заданным углом тангажа в течение определенного времени, пока не достигнет своего пункта назначения. Для этого подхода требуется только управление углами и высотой дрона. В этом процессе существуют два критических аспекта: оценка поворота и скорости.

Вторая стратегия заключается в замене GPS оптическим датчиком потока [4]. При использовании оптического потока мы заменяем некоторые источники оценки состояния расширенного фильтра Калмана (EKF). Оптический датчик потока, используемый в этом проекте, представляет собой интеллектуальный модуль камеры, оснащенный процессором, гироскопом и датчиком расстояния. Камера работает на высоких скоростях и выполняет алгоритм блочного сопоставления для определения наилучшего потока для каждого пикселя между последовательными кадрами. Данные гироскопа затем используются для компенсации

любых вращений, которые могли произойти во время движения. Заключительным шагом является преобразование данных потока в метрический масштаб с использованием измерений от датчика расстояния. В результате датчик возвращает скорости в направлениях x и y , которые подаются на вход в EKF. После добавления оптического потока становится возможным контроль положения. Дрон может принимать команды о положении в локальной NED-системе координат или координатах GPS.

Система является экономичной и легко расширяемой. Она разработана для возможности добавления других датчиков к существующим подходам и включения новых стратегий в список резервных вариантов. Эта гибкость позволяет адаптировать систему к различным средам и сценариям использования.

Список используемых источников:

1. Официальный сайт ardupilot [Электронный ресурс] — URL: <https://ardupilot.org/>
2. Официальный сайт dronekit [Электронный ресурс] — URL: <https://dronekit-python.readthedocs.io/en/latest/>
3. Praveena K., Ravikumar A. Design of Inertial Navigation System using Kalman Filter // International Journal of Engineering Inventions. 2013. v.2. no.12. pages.76–82.
4. Honegger D., Furrer F., Luciw M. Optical flow sensing for micro air vehicles // Journal of Field Robotics. 2013. v.30. no.5. pages. 803–825.

Особенности структуры и алгоритмического обеспечения системы предотвращения столкновений БПЛА

Салимжонов Б.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Веремеенко К.К.

МАИ, Москва

В последние десятилетия наблюдается стремительное развитие технологий беспилотных летательных аппаратов, что открывает новые перспективы в различных областях. Мировой рынок гражданских БАС, их комплектующих и услуг, оказываемых на их основе, испытывает бурный рост. Объем рынка беспилотных летательных аппаратов оценивается в 38,03 млрд долларов США в 2023 году и, как ожидается, достигнет 62,43 млрд долларов США к 2028 году, а среднегодовой темп роста составит 10,42% в течение прогнозируемого периода (2023–2028 гг.) [1]. В связи с этим происходит рост интенсивности полетов БПЛА, в том числе и в общем воздушном пространстве, и вопрос обеспечения безопасности при использовании беспилотных летательных аппаратов становится особенно актуальным и требует глубокого исследования.

В докладе рассматривается задача обеспечения безопасности полета БПЛА определенного типа для оперативной доставки различных грузов, когда иная доставка сложна или временно невозможно для наземных средств. Подобные ситуации достаточно часты в горной местности или в сложных погодных условиях.

Согласно Глобальному плану ИКАО перехода к новым технологиям CNS/ATM в гражданской авиации стало необходимо иметь на борту Бортовую Систему Предотвращения Столкновений (БСПС или TCAS II) [2]. Существует несколько поколений развития этой системы, но широкое применение получила БСПС второго поколения, принцип действия которого основан на методе вторичной обзорной радиолокации, заключающемся в построении воздушной обстановки и выдаче рекомендации по разрешению конфликта между ВС при помощи автоматически получаемых с их бортовых приемопередатчиков коды ВС и данных об абсолютной высоте полета по периодическим запросам вторичного радиолокатора. В силу ограничений в массе, габаритах и потребляемой мощности, интегрирование такой системы в БПЛА оказывается невозможным. Учитывая это, в работе предлагается концепция построения СПС не как отдельного устройства, а как реализации отдельной функции пилотажно-навигационного комплекса (ПНК) БПЛА. При этом не потребуются использование дополнительных датчиков и локаторов, функция СПС будет реализована на информации от самого ПНК. Алгоритм СПС с формированием зон оповещения будет реализован в его вычислителе. Для реализации этого потребуются разработка отдельного программного модуля в вычислителе БПЛА, который на основе информации от ПНК строит зоны оповещения, а по

принятой по линии радиосвязи от приближающихся воздушных судов информации об их скорости и дальности определяет время сближения.

Целью доклада является разработка состава и структуры модернизируемого ПНК и его программного обеспечения с целью реализации режима СПС. Объектом рассмотрения при решении этой задачи является БПЛА группы «средние» в соответствии с классификацией международной ассоциацией по беспилотным летательным аппаратам (UUVSI).

В рамках работы решены следующие задачи:

- Проведен анализ требований к бортовому оборудованию для обеспечения безопасности полета БПЛА.

- Обоснован состав и структура ПНК, ядром которого является интегрированная инерциально-спутниковая навигационная система [2, 3];

- Проведен анализ существующих систем предотвращения столкновений для пилотируемых ВС;

- Приведена подробная математическая модель и алгоритмы работы основных подсистем ПНК [2, 3];

- Разработаны сценарии имитационного моделирования и приведены его результаты.

Проведенные исследования показали, что на основе информации от ПНК БПЛА возможно создание функции, обеспечивающей режим СПС без традиционного транспондера, при этом для передачи информации может использоваться линия передачи данных АЗН-В.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, номер темы — FSFF-2023-0005

Список используемых источников:

1. <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/drones-market>

2. Ориентация и навигация подвижных объектов: современные информационные технологии / Под ред. Б.С. Алешина, К.К. Веремеенко, А.И. Черноморского — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 424 с. — ISBN 5-9221-0735-6.

3. Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов / Под ред. М.Н. Красильщикова, Г.Г. Себрякова. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 556 с. — ISBN 978-5-9221-1168-3.

Использование лазерного гироскопа в бесплатформенных инерциальных навигационных системах летательных аппаратов

Серова К.А., Назин В.Д., Бермагамбетов А.Б.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Акилин В.И.

МАИ, Москва

Одним из важнейших элементов кольцевого лазера является корпус резонатора, на одной из боковых поверхностей которого с помощью индиевой пайки устанавливается алюминиевый катод. Далее на боковую поверхность ситаллового моноблока монтируется тороидальное кольцо из индия. Катод под большим давлением прижимается к этому кольцу, а через него к корпусу моноблока, обеспечивая вакуумно-плотное соединение (холодную сварку) катода с корпусом моноблока.

Аналогично с корпусом собираются аноды. Их изготавливают из мягкой отожженной меди с внутренним покрытием золотом. Один из анодов выполнен в виде полый трубки, через которую в дальнейшем производится откачка из оптических каналов воздуха и заполнение их смесью изотопов неона и гелия. Далее осуществляют сборку резонатора КЛ с помощью оптического контакта с целью обеспечения замкнутого пути лазерного излучателя с погрешностью до 5 угловых секунд.

Сборочный процесс проводят в специальных пылезащитных боксах, допускающих остаточную запыленность не более 4 частиц размерами более 0,5 мкм в объеме 1 дм³ воздуха, установленных в помещении с запыленностью не более 15 частиц, размерами более 0,5 мкм в объеме 1 дм³ воздуха. Температура внутри бокса должна соответствовать (19±23)°С, относительная влажность — в пределах (40–50)%. Технологическая оснастка и инструмент перед началом сборки должны быть промыты нефрасом и протерты салфеткой, смоченной спиртом.

При просмотре в отраженном и проходящем свете на поверхностях корпуса, подлежащих герметизации для установки анодов в радиусе $\sim 5,5$ мм, а для установки катода (9–13,5) мм не допускается наличие сколов, выкрашиваний, царапин, рисок, точечных дефектов, свищей любых размеров, видимых при увеличении 16X. На данных поверхностях не должно быть следов в виде полос, подтравов, подтеков, разводов, жировых пятен, пленок и других загрязнений.

Электроды устанавливают в оснастку и прогревают до температуры $(100 \div 120)^\circ\text{C}$. Приспособление для сборки и герметизации изделия и инструмент промывают нефрасом, протирают салфеткой, смоченной в спирте, и сушат на воздухе в течение 10–15 минут. Допускаемый срок хранения выдавленной индиевой проволоки в спирте не более 40 минут; проволоку, не использованную в течение данного времени, для изготовления прокладки не применяют. Индиевую проволоку укладывают на торцевую поверхность кольца оправки, при этом проволока должна плотно обгладывать оправку.

После установки электродов на корпус контролируется качество залипания индия, далее приспособление ставится на стол пресса и осуществляется операция герметизации при изначальном усилии, равном 380–400 кгс; далее нагрузка последовательно снижается и через 30–35 минут снимается.

После сборки с электродами качество операции подвергается контролю; при этом зеркало прокладки должно быть блестящим и сплошным без видимых при увеличении 8X дефектов.

Список используемых источников:

1. Аронович Ф. Лазерные гироскопы // Применения лазеров. — Москва: Мир, 1974.

Разработка и исследование цифровой курсовой системы на основе магнитного компаса

Суворова М.С., Гавриленко В.В., Суворов А.С.

Научный руководитель — к.т.н. Горожеев М.Ю.

МАИ, Москва

В современных летательных аппаратах (ЛА) широкое применение нашли измерительные устройства (ИУ) на основе микромеханических датчиков первичной информации (гироскопических, магнитных, радиотехнических и т.д.), которые при объединении в блоки представляют собой курсовую навигационную систему. Определение курса является одной из ключевых задач системы ИУ, целью которых стоит навигация и управление ЛА. Одновременно с текущим курсом курсовая система также выдает информацию о курсовых углах, азимутах, пеленгах и другие полетные данные, что упрощает задачу определения местоположения ЛА, а также облегчает процесс взлета и посадки ЛА.

Активное развитие авиационной техники обусловлено постановкой нескольких задач: повышение надежности и точности ИУ, сокращение стоимости приборов и затрат на производство без потери их качества, уменьшение их габаритных размеров. Микромеханические датчики справляются с данными задачами в связи с имеющимся рядом преимуществ этих датчиков: малые габариты и масса, низкое потребление энергии; при этом из недостатков можно выделить недостаточную точность и износостойкость.

В данном исследовании рассматривается цифровая курсовая система на основе магнитного компаса, необходимая для коррекции данных о гироскопическом курсе, получаемых с микромеханической курсовертикали. Поскольку микромеханические приборы имеют высокую неточность и нестабильность в сравнении с приборами прошлых поколений (лазерным гироскопом, кварцевым акселерометром и т.д.), они используются, в основном, только в качестве резервной системы для управления полетом ЛА. Однако при использовании в системе микромеханических приборов магнитного компаса есть возможность повысить точность выходного сигнала курсовой системы. В алгоритмах работы микромеханической курсовертикали с применением магнитного компаса используется дополнительно магнитный курс, что помогает скорректировать погрешность измерения гироскопического курса от микромеханических гироскопов путём алгоритмической компенсации, в конечном итоге на выходе курсовой системы получается гиромагнитный курс.

Проблема использования магниторезисторов, на базе которых работает магнитный компас, заключается в их взаимодействии с постоянными магнитами (металлическими элементами внутри ЛА) или же обуславливается геологическими особенностями (месторождения металлических объектов). Для решения данной проблемы необходима калибровка магнитного компаса с учетом девиации и магнитного склонения в конкретном местоположении ЛА в пространстве и нахождения магнитного компаса в близости с металлическими объектами.

В рамках данной работы была рассмотрена типовая конструкция и технические возможности цифровой курсовой системы с коррекцией от магнитного компаса, разработано автоматизированное рабочее место и программное обеспечение для процесса калибровки магнитного компаса, а также проведено экспериментальное исследование работы магнитного компаса с последующим анализом выходного сигнала.

История и перспективы развития систем автоматического управления самолётами

Тимофеев М.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Илюхина С.С.

МАИ, Москва

Система автоматического управления (САУ) является важнейшей частью современного летательного аппарата (ЛА), так как она помогает пилотам управлять самолетом более эффективно и безопасно. Эти системы предназначены для снижения рабочей нагрузки на пилота и обеспечения устойчивости и управляемости воздушного судна на всех этапах его полета. Функции пилота в современных самолетах (в особенности пассажирских) зачастую сводятся к изменению режимов полета и контролю САУ [1].

Целью данной работы было описание этапов развития систем автоматического управления самолетами, выявление недостатков и проблем современных автоматических систем и предложение перспективных вариантов по их устранению.

Было определено, что системы управления полетом в своем развитии прошли пять этапов. На первых типах ЛА рост продолжительности и скорости полета, а также переход к полетам ночью вызвали необходимость устанавливать простейшие автопилоты, с помощью которых была автоматизирована задача угловой стабилизации самолета [2].

В комплексы оборудования ЛА второго поколения стали энергично внедряться автоматические средства улучшения устойчивости и управляемости, стало применяться директорное управление движением центра масс, появились встроенный контроль и частичное резервирование.

В следующем поколении ЛА автопилоты, автоматы устойчивости, демпферы, системы директорного управления полетом стали объединяться в единый комплекс. Механическая проводка штурвального управления стала дополняться электрическими дистанционными системами управления. Продолжали развитие встроенный контроль и резервирование. Появились первые пилотажно-навигационные и прицельно-навигационные комплексы.

Для ЛА четвертого поколения стало характерным внедрение некоторых элементов активного управления, выполняющих принципиально новые функции — стабилизация и управление неустойчивыми по перегрузке летательными аппаратами. Становились преобладающими электрические системы дистанционного управления.

Дальнейшее развитие САУ (пилотажных систем) связано с переходом к ЛА пятого поколения. Происходит полный переход к системам дистанционного управления (СДУ) и к более полной реализации концепции активного управления (демпфирование аэроупругих колебаний). Получает расширение область автоматического управления движением центра масс ЛА (полная автоматизация посадки и управления при дозаправке в воздухе, управление полетом в плотных боевых порядках и многое другое) [3].

Однако даже у современных САУ, несмотря на их интенсивное развитие, остается ряд существенных проблем и недостатков. Были выявлены следующие из них: ошибки датчиков и программного обеспечения (ошибочные данные от датчиков несут угрозу даже при

корректной работе автопилота), проблемы интерфейса (загруженность и нелогичность способов управления, непродуманная эргономика средств отображения информации), человеческий фактор (потеря бдительности летчиков и утрата профессиональной квалификации в связи с возросшим уровнем влияния САУ), неспособность к самостоятельным решениям (САУ действует по прописанному сценарию, в ней не заложен анализ нештатных ситуаций).

Предлагаются следующие варианты устранения вышеперечисленных ошибок. Проблемы, связанные с ошибками датчиков и программного обеспечения, можно решить с помощью внедрения дополнительных уровней аналитического резервирования и контроля. В таком случае необходимая для парирования отказов информационная избыточность будет формироваться на основе алгоритмических методов (расчетные оценки, выполненные на основе показаний исправных датчиков и математической модели объекта управления).

Вариантом устранения проблем интерфейса является, во-первых, внедрение дисплеев дополненной реальности (это приведет к повышению ситуационной осведомленности пилотов), а во-вторых, реализация в САУ способности понимать команды пилотов на естественном языке и реагировать на них.

Проблем, связанных с неудовлетворительным физическим и эмоциональным состоянием пилота, можно избежать, внедрив в самолет систему контроля психофизиологического состояния экипажа (измерение пульса, давления, температуры и др.), которая будет предупреждать экипаж в случае отклонения показателей пилота от нормы.

Единственным способом устранения недостатка, заключающегося в неспособности САУ к самостоятельным решениям, является внедрение искусственного интеллекта (наличие алгоритмов машинного обучения, способности предсказывать воздушное движение и погодные условия, оптимизировать траекторию полетов, реализовывать функцию предотвращения столкновений).

Каждое из перечисленных предложений видится перспективным и актуальным вариантом решения обозначенных проблем. Однако для более точного понимания возможности и эффективности реализации тех или иных предложений требуется более углубленное исследование каждого из них.

Список используемых источников:

1. Кучерявый А.А. Авионика: учебное пособие для вузов. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 452 с.
2. Остахов А.А., Первухин Д.А., Ляшенко А.Л., Илюшин Ю.В., Кравцова А.Л. Системы автоматического управления летательными аппаратами. История и практика. Санкт-Петербург: изд-во «СатисЪ», 2013. 184 с.
3. Вавилов Ю.А. Системы автоматического управления полетом: учебник для курсантов и слушателей ВУЗов ВВС. М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2009. 412 с.

Использование возмущающих движение центра масс аппарата сил для формирования оптимального сценария наблюдений телескопа «Спектр–Рентген–Гамма» с целью снижения расхода топлива

Черненко О.С., Зубко В.А.

Научный руководитель — к.т.н. Эйсмонт Н.А.

ИКИ РАН, Москва

В октябре 2019 года космическая обсерватория «Спектр-Рентген-Гамма» достигла целевой квазипериодической орбиты в окрестности точки либрации L2 системы Земля-Солнце для проведения обзора всего неба в рентгеновском диапазоне и построения широкомасштабной карты Вселенной с помощью двух телескопов на борту: российского ART-XC имени М.Н. Павлинского и немецкого eROSITA. Последний был переведен в спящий режим в феврале 2022 года, в связи с чем план наблюдения, а, следовательно, и построение ориентаций самого космического аппарата претерпели свои изменения несколько раз: вначале в приоритете стало рассмотрение наиболее интересных участков небесной сферы, а в ноября

2023 года снова возобновился её полный обзор, но российским телескопом. Все эти события привели к дополнительным затратам собственного топлива аппарата, которого на данный момент по оценкам экспертов из НПО им. Лавочкина после последней коррекции осталось приблизительно 260 килограмм с запасом характеристической скорости на манёвры коррекции и разгрузки двигателей маховиков 243 м/с. Для продления срока эксплуатации обсерватории, возникла необходимость пересмотра сценария наблюдения телескопа для оптимизации сочетания действий по разгрузке маховиков системы ориентации, расходу топлива на манёвры коррекции и условиям со стороны научных наблюдений.

В силу того, что квазипериодические орбиты в окрестности солнечно-земной точки либрации L2 являются областью неустойчивого движения, для поддержания космического аппарата в заданных пределах целевой орбиты необходимо производить манёвры коррекции во избежание его ухода из-за влияния возмущающих воздействий и изначальных ошибок выведения. При создании необходимых для разгрузки маховиков системы ориентации моментов по силовой схеме, ракетные двигатели порождают паразитные силы, возмущающие движение центра масс космического аппарата. Обновлённая циклограмма полёта полагает подбор участков обзлюдаемого неба с последующим допущением выдачи малого по величине импульса приблизительно раз в двое суток для разгрузки маховиков. Такой импульс компенсирует уход с целевой орбиты вследствие операций по разгрузке маховиков и предполагает проведение наблюдений в противоположном направлении. Даже если возникнет необходимость наблюдать участок неба, при котором выдаваемые для построения нужной ориентации импульсы ракетных двигателей имеют проекцию на самое неблагоприятное направление в плоскости эклиптики под углом $28,5^\circ$ к оси Солнце–Земля, что является наиболее быстрой траекторией ухода аппарата на неустойчивое многообразие, при правильно подобранной выдаче соответствующих импульсов в противоположном направлении, все наложенные возмущения, в конечном итоге, компенсируют друг друга.

Следовательно, при таком сценарии подбора длительности и времени выполнения необходимых наблюдений за счет оптимальной последовательности выполнения разгрузки маховиков появляется возможность снижения затрат оставшегося топлива на коррекцию орбитального движения, что позволит продлить срок эксплуатации обсерватории «Спектр–Рентген–Гамма» при его нахождении в необходимых параметрах целевой орбиты.

Список используемых источников:

1. Маркеев А.П. Точки либрации в небесной механике и космической динамике (М.: Наука, 312, 1978).
2. Эйсмонт Н.А., Коваленко И.Д., Назаров В.Н. и др. Управление орбитальным движением и ориентацией космической обсерватории Спектр–Рентген–Гамма (Письма в Астрономический журнал, 2020, том 46, № 4, с. 292–303).
3. Аксенов С.А., Бобер С.А. Управление движением космического аппарата на гало-орбите при наличии ограничений на направления корректирующих манёвров (ИКИ РАН, 2018).

Использование методов на основе искусственного интеллекта для повышения точности интегрированных навигационных систем

Шеститко К.В., Иващенко В.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Неретин Е.С.

МАИ, Москва

В современном мире повышение точности навигационных систем является ключевым аспектом для обеспечения эффективной работы различных технических устройств. Одним из способов достижения этой цели является интеграция методов искусственного интеллекта (ИИ) в системы инерциальной навигации (ИНС) и глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС).

Исследования показывают, что использование фильтра Калмана в качестве основного компонента в интегрированных системах ИНС/ГНСС обладает рядом преимуществ, таких как простота реализации и способность функционировать в реальном времени. Однако

ограничения, связанные с оптимизацией параметров и вычислительной нагрузкой, могут стать препятствием для эффективной работы системы в реальном времени.

Для преодоления этих ограничений и повышения точности навигационных систем исследователи предлагают новые подходы, основанные на современных интеллектуальных алгоритмах, таких как ELM, SVM, RFR и другие. Эти методы обладают способностью быстрого обучения и более высокой производительностью по сравнению с традиционными нейронными сетями.

Дополнительно, разработка новых моделей, таких как следящий фильтр Калмана (STKF) и вейвлет-нейронная сеть (WNN), позволяет улучшить оценку состояния системы и обеспечить устойчивость к изменениям параметров и шумам.

В будущем исследования в области использования технологий ИИ в навигационных системах должны учитывать не только повышение точности, но и способность системы работать в реальном времени, а также учитывать различные аспекты, такие как конфигурации входных и выходных параметров, сложность структуры системы и методы обучения.

Таким образом, интеграция методов на основе искусственного интеллекта в интегрированные навигационные системы представляет собой перспективное направление для повышения точности и эффективности работы систем навигации в различных условиях и ситуациях.

Разработка технологического процесса выходного контроля деталей измерительного комплекса давлений лазерным методом

Шурыгин С.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Акилин В.И.

МАИ, Москва

Измерительный комплекс давлений (ИКД) входит в состав информационных систем бортового оборудования авиационных летательных аппаратов (ЛА). Комплекс позволяет проводить измерения абсолютных и избыточных давлений газовых сред и рабочих жидкостей в магистралях ЛА. Выходной сигнал в виде напряжения постоянного тока пропорционален величине измеряемого давления.

Измерительный комплекс давлений состоит из стального корпуса, внутри которого находятся взаимосвязанные между собой чувствительный элемент, узел плат и индуктивный узел. Чувствительный элемент воспринимает изменение давления и, деформируясь, передает первичную информацию на узел плат и индуктивный узел, которые преобразуют полученную информацию в электрический выходной сигнал постоянного тока, который пропорционален измеряемому давлению.

Измерительные комплексы серии ИКДР работают как реле и выдают сигнал при превышении заданного им давления.

При производстве деталей ИКД важной операцией технологического процесса изготовления является выходной контроль технических параметров. В настоящее время такой контроль производится вручную на специально оборудованном рабочем месте путем отслеживания через микроскоп деформации чувствительного элемента при подаче давления. Данный метод довольно трудоемкий и требует от проверяющего максимальной концентрации внимания.

В докладе рассматриваются принцип действия и структура измерительного комплекса давлений, проводится анализ его технических характеристик, излагается последовательность основных этапов процесса контроля деталей, входящих в состав ИКД. По результатам проведенного анализа, автор предлагает пути модернизации технологического процесса изготовления и схемы установок для контроля деталей с использованием лазерного метода.

Секция №3.2 Вычислительные системы, сети и информационные технологии

Поиск и анализ причинно-следственных связей для методов машинного обучения

Абдаллах Х.Х.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Нагибин С.Я.
МАИ, Москва

В настоящее время большинство сложных моделей искусственного интеллекта (ИИ) представляют для пользователей «черные ящики», в котором даже сами создатели ИИ не всегда в состоянии объяснить, каким образом они приходят к тем или иным решениям и рекомендациям. Особенно важной эта особенность нейронных сетей является для военных, для которых необходимо знать, каким образом НС принимает то или иное решение.

Компания Gartner Explainable AI (XAI «Объяснимый ИИ») признала ключевой технологией 2024 года и важной частью общего тренда, который называют Trust in Algorithm, то есть «Доверие алгоритму».

Поэтому поиск и анализ причинно-следственной связи для методов машинного обучения является актуальным и играет ключевую роль в различных областях, помогая выявлять зависимости между входными данными и выходными результатами, что позволяет принимать обоснованные решения и улучшать процессы [1].

Основная цель XAI заключается в создании более объяснимых моделей при сохранении высокого уровня эффективности обучения/точности прогнозирования. Внедрение XAI дает множество преимуществ, включая укрепление доверия пользователей, соответствие юридическим требованиям и предоставление обоснования, связанного с этикой, а также решают такие проблемы как:

Неоптимальность производственного процесса;

Переизбыток входных данных;

Некачественное обучение модели, несмотря на высокую метрику [2].

В контексте машинного обучения, особенно важно понимать причинно-следственные связи, чтобы достичь более точных и интерпретируемых моделей. В частности, в медицинской диагностике, понимание того, какие признаки влияют на определенное заболевание, может помочь в разработке эффективных методов лечения и предотвращения. В финансовой аналитике, понимание влияния определенных факторов на рыночные тренды может помочь инвесторам принимать более обоснованные решения. В промышленной и в военной сфере также очень важно понимать заранее, какой результат стоит ожидать.

Каждая конкретная задача требует определённого набора методов, настроенных и подобранных на конкретную модель. Но кроме, этого и каждая задача требует хорошо подобранную модель: как гиперпараметры, так и архитектуру. Таким образом, в данной работе будет описан отлаженный процесс подбора архитектуры модели и методов интерпретации модели для решения вышеперечисленные проблемы.

Для анализа причинно-следственных связей в машинном обучении применяются различные методы, включая статистические модели, графовые методы, и методы обучения с подкреплением. Эти методы позволяют выявлять скрытые зависимости между переменными и делать прогнозы на основе этих зависимостей. Основные классификации таких методов интерпретации результатов (предсказания результата) происходят по типу данных (граф, изображения, текст, звук), по типу объяснения (визуальная интерпретация, ключевые точки в данных, важность разных параметров, облегченные модели) и по прозрачности модели, то есть доступа к её внутренностям/параметрам [3].

Исследования, проводимые в этом направлении, используются в настоящее время в области мониторинга для предотвращения аварийных ситуаций промышленной безопасности особо опасных промышленных объектов в программной платформе Phoenix.

Список используемых источников:

1. Объясняем предсказания вашей нейронной сети [Электронный ресурс]: статья. — Дата обращения: 24.01.2024 — Режим доступа: <http://gs-studio.com/news-about-it/32983-----1>
2. Почему ваша отрасль нуждается в ХАИ и как вам получить выгоду с помощью этого [Электронный ресурс]: статья. — Дата обращения: 10.02.2024 — Режим доступа: <https://avianaglobal.com/why-your-industry-needs-explainable-ai-xai-and-how-you-can-benefit-from-it/>.
3. Интерпретируемость машинного обучения: состояние дел [Электронный ресурс]: статья. — Дата обращения: 30.01.2024 — Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/569442/>

Влияние синтетических данных на качество обучения GAN моделей

Баданина Н.Д.

РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва

В последние годы генеративно-сопоставительные сети (Generative Adversarial Networks, GAN) стали одним из ключевых инструментов в области машинного обучения. Они демонстрируют выдающиеся результаты в задачах генерации изображений, текстов и других типов данных. Традиционно GAN модели обучаются на реальных данных, однако все чаще возникает необходимость в расширении обучающих наборов данных. Один из подходов к решению этой задачи — использование сгенерированных данных, которые могут дополнить или частично заменить реальные данные. Этот процесс может быть не целенаправленным, а случайным — к примеру, при парсинге информации из открытых источников, есть вероятность получить сгенерированные нейронной сетью (НС) данные не зная об этом. Особенно это актуально при сборе данных для текстовых моделей, так как с распространением GPT-моделей количество синтетических текстов увеличивается во всех областях.

Целью работы являлось исследование потенциала обучения GAN на синтетических данных, сгенерированных другими нейронными сетями. В данной работе анализируется возможность и эффективность такого подхода, рассматриваются теоретические аспекты.

Сгенерированные данные могут быть особенно полезны в условиях ограниченности реальных данных или их высокой стоимости получения. Однако важно понимать, как доля синтетических данных влияет на качество модели, чтобы избежать переобучения и потери способности обобщать. Проблема заключается в том, что синтетические данные могут не полностью отражать распределение реальных данных, что ведет к смещению модели [1].

Данные, сгенерированные искусственным интеллектом (ИИ), могут быть способом увеличения объема данных, особенно в ситуациях с несбалансированными наборами данных или при работе с конфиденциальной информацией, когда использование исходного набора данных нежелательно. В некоторых случаях это может привести к повышению точности и запоминанию, аналогично традиционным методам увеличения данных, таким как SMOTE или ADASYN [2].

Кратко рассмотрим принцип построения архитектуры GAN модели. GAN состоит из двух основных компонентов: генератора, создающего данные, похожие на реальные, и дискриминатора, пытающегося отличить сгенерированные данные от настоящих. Обучение проходит в режиме минимаксной игры, где генератор стремится максимально обмануть дискриминатор, а дискриминатор — научиться их различать [3].

Синтетические данные могут быть менее разнообразными и содержать искажения, специфичные для модели, которая их сгенерировала. Это может привести к переобучению GAN и снижению качества генерируемых данных.

В статье [4] авторы исследуют влияние обучения моделей GAN на их собственных генерациях. Авторы демонстрируют, что когда эти модели дообучаются даже на небольших объемах сгенерированного ими контента, они создают сильно искаженные изображения. Такая закономерность не ограничивается конкретными текстовыми запросами к модели, используемыми во время дообучения. Авторы отмечают, что модель, однажды «отравленная» таким образом, с трудом восстанавливает свои первоначальные характеристики даже после дообучения исключительно на реальных изображениях [4]. Этот вывод подчеркивает

уязвимость генеративных моделей ИИ для рекурсивного самообучения и подчеркивает потенциальные риски использования генеративных выходных данных в качестве обучающих данных без тщательного рассмотрения долгосрочных последствий для целостности модели и качества выходных данных.

Для эксперимента можно использовать два набора данных: реальные данные и синтетические, сгенерированные предварительно обученной нейросетью. В качестве базового алгоритма для генерации синтетических данных может быть выбрана модификация GAN, оптимизированная для задачи, аналогичной целевой, например, генерация текста. Обучение GAN на синтетических данных проводится с использованием стандартных архитектур и гиперпараметров.

При таком подходе имеет смысл проводить серию экспериментов с различными моделями нейросетей, варьируя долю сгенерированных данных от 10% до 90% от общего объема обучающей выборки.

Проведенное исследование показало, что GAN способны извлекать полезные признаки из синтетических данных, однако качество генерируемых изображений остается ниже, чем при обучении на реальных данных. Это может быть связано с ограниченным разнообразием синтетических данных и переносом ошибок генерации из первичной модели. Важным аспектом является также качество исходной модели, генерирующей синтетические данные.

Существует риск того, что модель «научится» специфическим шаблонам сгенерированных данных и потеряет способность к обобщению на реальных текстах. Это особенно актуально, если сгенерированные данные имеют ограниченное разнообразие или содержат систематические ошибки.

Дальнейшие исследования могут включать разработку методик адаптации сгенерированных данных для минимизации их отличий от реального распределения.

Список используемых источников:

1. Tran N., Tran V., Nguyen N., Nguyen T., Cheung N. On Data Augmentation for GAN Training. // IEEE Transactions on Image Processing. 2020. pp. 1882–1897.
2. Tanaka F. & Aranha C. Data Augmentation Using GANs. // ArXiv, abs/1904.09135. 2019.
3. Goodfellow I., et al. Generative Adversarial Nets. // Advances in Neural Information Processing Systems. 2014.
4. Boháček M., Farid H. Nepotistically Trained Generative-AI Models Collapse. // ArXiv, abs/2311.12202. 2023.

Создание 3D-сцены усадьбы как способ сохранения культурного наследия

Беляев В.А., Власов М.А., Шварёв Д.А.

Научный руководитель — Каратаева Е.С.

Ступинский филиал МАИ, Ступино

Компьютерные технологии проникли во все сферы общества, сегодня без них уже невозможно представить нашу жизнь. Они открывают новые горизонты и повышают уровень общественного благополучия. Россия — огромная страна с уникальной культурой и великой историей, однако не всегда есть шанс увидеть вживую те или иные важные объекты архитектуры. К тому же многие достопримечательные места не представляется возможным отреставрировать. 3D моделирование позволяет восстановить их первоначальный вид по историческим данным, чтобы у каждого был шанс приблизиться к нашему культурному наследию как можно больше, например, участвуя в виртуальных экскурсиях по этим объектам. Тогда люди, находящиеся в любой точке нашей страны, а также интересующиеся со всего мира смогут увидеть национальное достояние России, а память народа позволит сохранить нашу культурную идентичность на века. 3D моделирование сегодня не только делает нашу жизнь проще, но и насыщеннее, интереснее. Благодаря ему мы можем сохранить наше достояние в виде модели, отображающей первоначальный вид, и в наших сердцах, чтобы передавать это из поколения в поколение.

За основу нашего проекта была взята историческая усадьба графов Орловых — Семёновское-Отрада на берегу реки Лопасни в селе Семёновское, Ступинского городского

округа Московской области. Один из крупнейших подмосковных усадебных комплексов, сохранивший свой облик, сформированный в XVIII – XIX веках, а также Никольский храм — кирпичная двухэтажная церковь в духе позднего барокко с колокольной. Выстроена в 1778–1781 гг. Верхний престол — Князь–Владимирский, нижний — Никольский.

Задачи проекта:

- 1) собрать материал по строительству и планировке усадьбы и приусадебных построек;
- 2) разработать сценарий виртуальной экскурсии;
- 3) смоделировать главное усадебное здание с помощью среды для 3D-моделирования Autodesk 3Ds Max;
- 4) смоделировать Никольский храм и другие атрибуты сцены с помощью среды для 3D-моделирования Blender;
- 5) создать территорию усадьбы и объединить все модели в единой 3D-сцене внутри среды разработки компьютерных игр Unreal Engine 5;
- 6) предложить созданный проект в образовательные учреждения города для расширения кругозора учащихся.

В ходе проекта была разработана 3D-сцена усадьбы, работа над которой ведётся и в настоящий момент. В этой сцене, созданной в среде Unreal Engine 5, присутствуют: главное здание усадьбы Семеновское–Отрада — объект культурного наследия народов РФ, Никольский храм, а также приближенный к реальному ландшафт территории усадьбы. Работа над интерьером построек ведется в настоящий момент.

Проверка радиоэффира с помощью сканера при разработке системы управления учебным макетом летательного аппарата

Бесчвертная Е.М., Волкова А.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Симонов В.Л.

РГСУ, Москва

В ходе проектирования систем управления летательными аппаратами, значительное место занимает обмен данными между наземным пунктом управления и собственно летательным аппаратом. Правильный отбор компонентов и параметров связи гарантирует надежную работу элементов, узлов, а также летательного аппарата в целом. В настоящей статье рассматривается область построения учебных макетов авиамоделей, где может быть использована связь диапазона ISM (Industrial, Scientific, Medical) [1].

В качестве проекта реализуем систему управления учебным макетом летательного аппарата. Попробуем передать данные по радиочастотному каналу. Здесь существенно знать, что настоящий канал свободен в настоящий момент, т.е. через него не отправляет свои данные другое устройство. Когда устройства находятся достаточно близко друг от друга, т.е. концентрированно, и функционируют что одно, что другое, третье и т.д., на той же самой частоте, они препятствуют работе друг друга, понижая быстроту передачи данных, если вообще остаются в рабочем состоянии.

Чтобы исключить подобные ситуации, будет успешным применение сканера [2]. Благодаря нему можно установить наличие вакантных каналов в ISM диапазоне частотЭ, а именно от 2400 МГц до 2527 МГц. Данный сканер определяет, находятся ли поблизости WiFi, Bluetooth, отдельные радио телефоны, а также другие модули приема-передачи (например, типа NRF [3]).

Была экспериментально подтверждена польза от такой системы. Чтобы смонтировать цепь, являющуюся сканером, понадобились:

Arduino x 1 шт.

Набор проводов «мама-мама» x 1 комплект.

Breadboard и комплект проводов «папа-мама» x 1 комплект

TFT дисплей x 1 шт.

Радио модуль nRF24L01+ x 1 шт.

Преобразователь к модулю nRF24L01+ x 1 шт.

Trema Shield x 1шт.
Резисторы 1 кОм x 1 комплект.
Резисторы 470 Ом x 1 комплект.

Была смонтирована цепь. В качестве программного обеспечения выступила среда разработки Arduino IDE.

В качестве прошивки для микроконтроллера была разработана программа на C++. В коде программы были подключены библиотека SPI. h для работы с шиной SPI, а также библиотека RF24. h для работы с модулем nRF24L01+, библиотека UTFT. h для работы с TFT дисплеем UTFT. Был объявлен объект myGLCD для работы с библиотекой UTFT с указанным типом дисплея и выводы. Был создан объект radio для успешного взаимодействия с библиотекой RF24 с указанными номерами выводов nRF24L01+. Далее были заданы переменные, которые будут использоваться для настройки номера сканируемого канала и номера выводимого канала, текущей мощности сигналов, положения точек на дисплее, шкалы и векторов графика, текста и самих графиков, и других параметров, связанных с масштабированием графиков. В блоке Setup (Настройка) подготовили дисплей и модуль к работе, инициализировав работу дисплея и модуля, и задав настройки вывода графика на дисплей. В результате, благодаря прописанному циклу (Loop) при загрузке программы на COM-порт мы смогли увидеть, как на дисплей выводятся графики текущей мощности сигналов и максимальной мощности сигналов радиозфира.

Таким образом, было получено графическое представление сигналов ISM диапазона. На основе данной информации можно делать выводы о чистоте эфира по всем 127 каналам.

Список используемых источников:

1. Сидорова В.И. Некоторые особенности диапазона ISM // Журнал: Молодой учёный, 2022. — 26–28 с.
2. Сканер ISM диапазона на базе модуля nRF24L01 / [Электронный ресурс] URL: <https://lesson.iarduino.ru/page/skaner-ism-diapazona-na-baze-modulya-nrf24l01-2-4-ggc-wifi-blutooth/> (дата обращения 05.02.2024 г.).
3. Чумуров Н.О. Модуль приемопередатчика 2,4 ГГц NRF24L01 // Сборник: Актуальные проблемы авиации и космонавтики. V Международная научно-практическая конференция, посвященная Дню космонавтики, 2019. — Том 1. — 496–497 с.
4. Патюченко Ф.В., Слащев И.С., Клименко А.В., Трегубенько Л.А. LCD, TFT, OLED дисплеи для проектов Arduino // Журнал: Modern Science, 2019. — 310–312 с.

Тематическая сегментация научных текстов с применением графа знаний

Гаврилов М.С., Шарафиев А.Ф.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Лемтюжникова Д.В.

ИПУ РАН, Москва

Основная цель данной работы заключается в разработке алгоритма, который преобразует полностью неструктурированный текст, представляющий собой набор предложений, в текст, разделенный на абзацы таким образом, чтобы каждый из них был тематически связным.

Потребность в разработке данного направления обусловлена с одной стороны тем, что человеку в век больших объемов данных и всеобщей компьютеризации нередко приходится сталкиваться с такими текстами (например, потому что соответствующая структура документа была потеряна в следствии сбоев в системе хранения документов), а работать со структурированной информацией намного проще, чем с неструктурированной. С другой стороны, разделение текстов (даже не очень больших размеров), на тематические сегменты, потенциально может повысить качество результатов методов, решающих другие задачи NLP, такие как поиск схожих документов, поиск требуемой информации в документах, вопросно-ответные системы и т. д., за счет предоставления им дополнительной мета-информации о внутренних связях внутри текстов.

Актуальность данной работы следует из отсутствия на данный момент простых, доступных и быстрых алгоритмов, способных решить данную задачу с требуемым качеством,

а также низкой исследованности методов решения задачи сегментации с использованием графов знаний.

В данной работе предлагается алгоритм, основанный на работах [1, 2]. Предлагаемый метод состоит из двух частей — построение графа знаний и отыскание наилучшей сегментации. Для поиска наилучшей сегментации применяются различные подходы, которые рассматривают локальные критерии разбиения документа, основанные только на сравнении соседних единиц документа (как в статье [1]), так и глобальные — поиск оптимальной сегментации из набора всевозможных группировок предложений.

Предлагаемый алгоритм сегментации работает следующим образом. Считается, что текст на входе представляет собой набор предложений. Каждое предложение отображается в подграф заранее построенного графа знаний. В зависимости от стратегии, выбор разбиения документа производится либо путем сравнения соседних подграфов и расчета оценки прироста тематической связности при объединении их в один подграф, либо путем оптимизации выбранного функционала качества. В рамках работы рассматриваются несколько способов задания функционала для оценки прироста тематической связности в зависимости от структуры построенного графа знаний. Исследуется влияние значений гиперпараметров и выбора способа построения графа знаний на результаты сегментации.

Так как рассматриваемый алгоритм разрабатывается с целью его применения к научным текстам в области теории управления, за основу графа знаний берется иерархический тезаурус по теории управления. Чтобы решить проблему малого набора вершин в графе, что может привести к тому, что большая часть предложений текста будет отображаться в пустой подграф, рассматривается метод насыщения графа именными группами и отношениями, извлеченными из текстов научных статей посредством синтаксического парсинга. Алгоритм расчета тематической схожести подграфов также модифицируется для учета информации, извлеченной из текстов. Итоговая мера схожести подграфов для этой стратегии построения графа знаний, наподобие меры, рассматриваемой в работе [3], представляет собой сумму расстояний между вершинами в графе и семантической схожести между вершинами, складывающегося из косинусного расстояния и расстояния между словами в текстах, по которым был построен граф.

Таким образом, при проведении экспериментов, использовались алгоритмы, основанные на чистом графе тезауруса, чистом синтаксическом графе, и совмещенном графе.

Были проведены эксперименты по валидации предлагаемого метода. Качество предлагаемого алгоритма оценивалось на собранном датасете. Было проведено сравнение результатов работы алгоритма с эталонной разметкой с помощью метрик Pk и WinDiff. Были получены соответствующие значения: $Pk = 0.476$, $WinDiff = 0.524$.

Список используемых источников:

1. Hearst A.M. TextTiling: segmenting text into multi-paragraph subtopic passages // *Computational Linguistics*. 1997. Vol. 23, No. 1. P. 33–64.
2. Das A., Das P.P. Incorporating Domain Knowledge To Improve Topic Segmentation Of Long MOOC Lecture Videos // *arXiv:2012.07589*. — 2020
3. Chen H., Luo X. An automatic literature knowledge graph and reasoning network modeling framework based on ontology and natural language processing // *Advanced Engineering Informatics*. — 2019. — Т. 42. — С. 100959.

Сравнительный анализ алгоритмов восстановления высот зданий по спутниковым снимкам

Гаматин И.С., Усенко Д.Е., Кильчуков Т.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Максимов Н.А.

МАИ, Москва

В последние годы значительно вырос интерес к автоматизированному восстановлению трехмерных моделей городских объектов на основе спутниковых снимков. Это обусловлено потребностями в градостроительстве, недвижимости, создании карт и в военных целях. В данной работе рассмотрены четыре основных метода восстановления высот зданий:

1. Анализ теней — традиционный метод, основанный на измерении длины теней от зданий и расчёте их высоты, исходя из угла падения солнечных лучей. Этот метод требует точных данных о времени съёмки и географическом положении объектов.

2. Стереоскопические методы — восстановление высоты за счёт анализа пары стереоскопических снимков, позволяющих получить информацию о параллаксе между двумя точками наблюдения.

3. Фотограмметрия — метод, использующий принципы измерения объектов на фотографиях для создания трехмерных моделей на основе множества снимков, сделанных с разных точек.

4. Глубокое обучение — применение нейронных сетей для автоматического распознавания и восстановления трехмерных форм зданий из одиночных или множественных спутниковых снимков. Этот метод показывает высокую точность и эффективность в обработке больших объемов данных.

Сравнение проведено на основе критериев, таких как точность восстановления высот, вычислительные затраты, требования к входным данным и универсальность метода.

В заключение, каждый метод имеет свои преимущества и недостатки, и выбор метода должен определяться конкретными целями и условиями задачи. Будущие исследования могут сосредоточиться на комбинировании этих подходов для улучшения точности и эффективности восстановления трехмерных моделей городских объектов.

Список используемых источников:

1. Qin R. Automated 3D recovery from very high resolution multi-view satellite images [Электронный ресурс]. — 2019. — Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/1905.07475>. — Дата доступа: [27.02.2024].

2. Liasis G., Stavrou S. Satellite images analysis for shadow detection and building height estimation // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. — 2016. — Vol. 119. — September. — P. 437-450. — DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2016.07.006.

Выявление смысловых отношений между сущностями в текстах на основе фразеологического концептуального анализа

Гарбузова У.Р.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Хорошилов А.А.
МАИ, Москва

Концепция фразеологического концептуального анализа текстов базируется на предположении, что смысловое содержание текстов выражается через систему его базовых единиц смысла — фразеологических и терминологических понятий (сущностей) и их смысловых отношений. С помощью базовых понятий формируются смысловые единицы более высоких уровней: предложения и сверхфразовые единства.

Предложения являются наиболее значимыми единицами смысла. Основным их свойством является предикативность (наличия у объектов определенных признаков и их отношений). Наличие этих признаков у объектов в текстах выражается через предикатно-актантную структуру (ПАС) предложений. Ее компонентами являются понятия-предикаты (признаки и отношения) и понятия-актанты, выступающие в роли описываемых объектов. Выявление в текстах формальной ПАС выполняется на этапах семантико-синтаксического и концептуального анализа текстов. В процессе выявления в текстах фактологической информации необходимо не только выделить компоненты ПАС, но связать их с ролевыми функциями в предложении.

Необходимо отметить, что в основе постулируемого набора семантических ролей лежит не классификация самих парципантов, а классификация возможных их наборов т.е. семантических фреймов. Считается, что семантические роли позволяют при анализе предложения учитывать его глубинную структуру на основе предварительно заданной «модели мира» в терминах семантических ролей.

Отношение между предикатом и концептом называется семантическим (или глубинным) падежом, значение которого вскрывается на основе их трансформаций (преобразований). Семантические падежи элементарны и дальнейшему анализу не подлежат. Каждый падеж входит в структуру высказывания только один раз. Падежные отношения отображают базисные мыслительные универсалии, существующие между участниками реальных ситуаций.

В процессе смысловой обработки текстовой информации, базирующейся на процедурах семантико-синтаксического и концептуального анализа текстов, возможно реализовать вышеприведенные правила падежной грамматики. Эти процедуры должны опираться на адекватные семантико-синтаксические модели текстов, в которых понятия представляются преимущественно фразеологическими словосочетаниями. В процессе такого анализа должна быть определена синтаксическая структура предложений текста, выявлена система понятий текста и установлены смысловые отношения между элементами этой системы.

Проблема представления различных текстовых форм наименований понятий, выражающих одинаковый смысл, снимается путем их трансформации в унифицированное формализованное представление.

Список используемых источников:

1. Хорошилов Ал-др А., Мусабаев Р.Р., Козловская Я.Д., Никитин Ю.В., Хорошилов А.А. Автоматическое выявление и классификация информационных событий в текстах СМИ// Научно-техническая информация. Серия 2: Информационные процессы и системы. 2020. №7. С. 27–38.
2. Захаров В.Н., Мусабаев Р.Р., Красовицкий А.М., Козловская Я.Д., Хорошилов Ал-др А., Хорошилов Ал-ей А. Метод кластеризации новостных сообщений средств массовой информации на основе их концептуального анализа// Системы и средства информатики. 2019. Том 29. №3. С. 52–65.

Метод обнаружения манипуляций в аэрофотоснимках, основанный на применении нейросетевых технологий

Гизетдинов М.Ф.

Научный руководитель — к.т.н. Волошина Н.В.

Кронштадт — Беспилотные системы, Санкт-Петербург

Нейронные сети систем компьютерного зрения в современной авиации находят большое применение, особенно в сфере беспилотных летательных аппаратов. Например, БПЛА могут использовать нейронные сети для навигации, обнаружения объектов и принятия решений в режиме реального времени. Они позволяют БПЛА обрабатывать визуальные данные, выявлять аномалии и обеспечивать автоматическую обработку собранной информации. Эти сети значительно повышают безопасность, эффективность и надежность использования БПЛА [1]. Однако, существенной задачей при внедрении систем искусственного интеллекта является обеспечение качества и надежности входных данных, как на этапе обучения моделей НС, так и на этапе их эксплуатации.

В работе представлены результаты разработки метода обнаружения манипуляций во входных данных нейронных сетей. Предложенный метод основан на глубоком обучении и позволяет как решать задачу обнаружения манипуляций с изображениями, так и их локализации. В представленном исследовании показано как используя возможности свёрточных нейронных сетей (CNN), в частности архитектуры UNet [2], эффективно обнаруживать злонамеренные вставки (манипуляции) в аэрофотоснимках при этом обеспечивать низкое количество ложных срабатываний и пропусков цели. Под манипулированием в данной работе понимается намеренное изменение части исходного изображения (аэрофотоснимка), а именно, вставка/замена его части или частей на иное, будь то элемент исходного изображения (splicing), другого изображения или синтезированный элемент (crop-and-move). Подобные манипуляции является серьезной проблемой в области компьютерного зрения, поскольку способны значительно снизить

надежность и целостность входных данных, что, в свою очередь, может существенно снизить качество работы системы машинного зрения, вплоть до принятия заведомо неверных решений. В представленной работе рассматривается задача обнаружения и локализации манипуляций, разделяющихся по форме изменяемого фрагмента — прямоугольные, овальные, объектные и случайно полигональные.

Традиционные методы обнаружения подделки изображений (манипуляций), такие как анализ уровня ошибок (ELA) [3] и масштабно-инвариантное преобразование признаков (SIFT) [4], имеют существенные ограничения, например, дают большое количество ложных срабатываний или применимы только к определенным типам изображений. Современные решения, использующие глубокое обучение, показали значительное повышение эффективности обнаружения изменений в изображениях, но по-прежнему отличаются большим количеством ложных срабатываний при их применении к аэрофотоснимкам. Предлагаемое в данной работе решение преодолевает эти ограничения. Так, предложенный способ обучения включает в себя контролируемое манипулирование изображением, сопровождающееся созданием маски подделки, очерчивающую измененные области. Далее применяется обучение модели бинарной сегментации, используя полученные пары изображение-маска. Кроме того, для уменьшения количества ложных срабатываний, на последнем этапе используется классификатор на основе свёрточных слоёв, который анализирует маску подделки и предсказывает вероятность подделки изображения. Одним из ключевых преимуществ этого подхода является то, что он не требует размеченных данных, что делает его применимым к широкому кругу областей. В решении используется стандартная модель Unet, широко используемая для решения различных задач сегментации в компьютерном зрении. В экспериментальной части исследования для обучения предложенной модели HC был сформирован набор данных, состоящий из 127 000 неизменённых аэрофотоснимков, каждое из которых с заданной вероятностью случайным образом модифицировалось. Обученная модель продемонстрировала высокую точность в обнаружении манипуляций, оцениваемую в среднем как Recall 0,9 и Precision 0,99. Важно отметить, что предложенная модель позволяет обнаружить специфические манипуляции, которые могут остаться незамеченными для человеческого глаза, что является существенным преимуществом предлагаемого решения. Описанный подход применим при решении задачи повышения надёжности работы систем машинного обучения для БПЛА. Данный подход может быть расширен как на иные виды манипуляций, так и на другие типы изображений и сферы применения.

Список используемых источников:

1. Федулин А. М., Дрягин Д. М. Актуальные задачи применения искусственного интеллекта для беспилотных летательных аппаратов. //Состояние и перспективы развития современной науки по направлению "Робототехника". — 2023. — С. 22–31.
2. Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015). U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. In International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (pp. 234-241). Springer.
3. Sudiatnika I. B. K. et al. Image forgery detection using error level analysis and deep learning //TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control). — 2019. — Т. 17. — No. 2. — С. 653–659.
4. Alberry H. A., Hegazy A. A., Salama G. I. A fast SIFT based method for copy move forgery detection //Future Computing and Informatics Journal. — 2018. — Т. 3. — No. 2. — С. 159–165.

Расширенный алгоритм аугментации данных для сямских сетей, принимающих на вход два изображения рукописных цифр из набора данных MNIST

Григорьев Н.С., Харченко Б.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Протасов В.И.
МАИ, Москва

Введение

В эпоху бурного развития машинного обучения и нейронных сетей, достижения в области классификации и анализа изображений открывают новые горизонты. Набор данных MNIST, состоящий из рукописных цифр, уже давно стал эталоном для разработки и тестирования алгоритмов. Сямские нейронные сети, обладая способностью сравнивать пары изображений, выступают в качестве важного инструмента в задачах верификации. В данной работе рассматривается расширенный алгоритм аугментации данных, который, несмотря на первоначальные ожидания, не продемонстрировал значительного преимущества в точности классификации рукописных цифр по сравнению с классическими методами аугментации. Однако, данный подход открывает новые возможности для получения важной информации о специальном классе различий между цифрами, что может найти применение в критически важных областях.

Основная часть

Методология аугментации данных

Алгоритм предполагал создание трех типов пар изображений: а) одинаковые изображения одного класса, б) разные изображения одного класса, и в) изображения разных классов. Для последней категории был введен специальный класс 10, обозначающий различие между изображениями. Этот метод обучения должен был научить сеть распознавать нюансы различий и сходств между рукописными цифрами. Однако, сравнение с традиционными методами аугментации, такими как искажения, повороты и масштабирование, показало отсутствие значительного улучшения в точности классификации.

Архитектура сямской сети

Применяемая архитектура состояла из двух идентичных подсетей для обработки пар изображений. Основная ее задача — вычисление степени схожести между изображениями. Несмотря на высокие ожидания, результаты экспериментов показали, что обучение на аугментированных данных по предложенному алгоритму не привело к заметному улучшению точности в определении класса изображений или в установлении отношений между парами цифр.

Экспериментальные результаты

Анализ экспериментальных данных выявил, что расширенный алгоритм аугментации не дает значительного преимущества перед классическими методами. Однако, использование специального класса 10 оказалось полезным для получения информации о различиях между классами цифр, что может найти применение в задачах, где критически важно избежать неверной классификации.

Применение и потенциальное влияние

Хотя расширенный алгоритм аугментации данных не показал ожидаемого улучшения в точности классификации рукописных цифр, его применение для анализа различий между классами открывает новые перспективы. В частности, в биометрических системах, системах рекомендаций и при детекции подделок, где точность распознавания и верификации играет ключевую роль. Кроме того, концепция специального класса может быть адаптирована для работы с другими типами данных, расширяя горизонты в области машинного обучения и искусственного интеллекта.

Заключение

Разработанный алгоритм аугментации данных внес важный вклад в понимание процессов обучения сямских сетей, несмотря на отсутствие значительного улучшения точности классификации. Экспериментальные результаты подчеркивают значимость дальнейших

исследований в этой области, особенно в разработке методов, позволяющих глубже анализировать и понимать различия между объектами. Таким образом, наша работа открывает новые направления для исследований и потенциального применения в критически важных областях, где высокая точность и способность к дифференциации могут иметь решающее значение.

Список используемых источников:

1. Протасов В.И., Мирахмедов Р.О., Потапова З. Е., Шарнин М.М., Шаронов А.В. «Уменьшение ошибок первого рода при распознавании контуров самолетов с использованием коллективного интеллекта БПЛА». Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2018. № 6–3. С. 70–82.
2. «MNIST Handwritten Digit Database». Yann LeCun's website. [Электронный ресурс]. URL: <http://yann.lecun.com/exdb/mnist/> (дата обращения: 25.01.2024).
3. Koriyama Y. «A resurrection of the Condorcet Jury Theorem». Theoretical Economics. 2009. v.4. С. 227–252.
4. Shorten C., Khoshgoftaar T. «A survey on Image Data Augmentation for Deep Learning». Journal of Big Data. 2019. Т. 6. С. 1–48. [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0197-0> (дата обращения: 25.09.2023).

Программа автоматизированного конфигурирования аккумуляторных батарей малых космических аппаратов

Джигирис В.В., Ковкин И.В., Москаленко В.В.
Научный руководитель — к.т.н. Кремзуков Ю.А.
НИИ АЭМ ТУСУР, Томск

Автоматизация производства узлов космических аппаратов способствует значительному сокращению времени изготовления космических аппаратов. В условиях быстрого развития технологий это позволяет не только соблюдать сжатые сроки производства, но и уверенно конкурировать на мировом рынке космических аппаратов, занимая ведущие позиции.

На текущий момент актуальным проектом, требующим производства более сотни малых космических аппаратов в короткие сроки, является низкоорбитальная многоспутниковая система передачи данных «Марафон-IoT», входящая в федеральный проект «Сфера». В рамках данного проекта инженерами Научно-исследовательского института автоматики и электромеханики Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (НИИ АЭМ ТУСУР) активно ведется работа над аккумуляторной батареей [1]. В настоящий момент первые образцы аккумуляторной батареи уже прошли испытания и готовы к летным испытаниям.

Из-за высоких требований к техническим характеристикам аккумуляторной батареи, таких как низкая масса и компактные размеры, используется оптимизированная внутренняя структура соединений аккумуляторных элементов.

Аккумуляторные элементы имеют допустимые отклонения от номинальной ёмкости. Но даже эти отклонения необходимо учитывать при построении аккумуляторной батареи. Одной из задач является сборка подструктур аккумуляторной батареи с минимальной разницей ёмкости как между аккумуляторными элементами подструктуры, так и минимальной суммарной ёмкости между структур аккумуляторной батареи.

Решение данной задачи может включать различные методы, но все они связаны с тем, что оператору, осуществляющему сборку аккумуляторной батареи, пришлось бы ручным образом выполнять множество операций с использованием компьютера для анализа данных о ёмкости аккумуляторных элементов, полученных в результате тестирования. Это позволило бы определить необходимые аккумуляторные элементы, сопоставимые по ёмкости, и собрать из них сбалансированную аккумуляторную батарею.

В связи с этим, для эффективного решения данной задачи был разработан алгоритм. Алгоритм использует входные данные о ёмкостях, протестированных аккумуляторных

элементах, чтобы отсортировать и выбрать наилучшие аккумуляторные элементы и сконфигурировать структуру сбалансированной аккумуляторной батареи [2].

В результате была разработана программа для ЭВМ под управлением операционной системы Windows. Разработанная программа является универсальным инструментом для конфигурирования аккумуляторных батарей с различной внутренней компоновкой аккумуляторных элементов. При серийном производстве малых космических аппаратов, программно можно использовать как один из модулей, встроенных в технологический процесс сборки. На текущий момент программа имеет государственную регистрацию [3].

Список используемых источников:

1. Ученые ТУСУРа разработали «умную» аккумуляторную батарею для первого российского спутника группировки «Марафон- IoT». — Текст : электронный // TUSUR.ru : [сайт]. — URL: <https://tusur.ru/ru/novosti-i-meropriyatiya/novosti/prosmotr/-/novost-uchenye-tusura-razrabotali-umnyuyu-akkumulyatornuyu-batareyu-dlya-pervogo-rossiyskogo-sputnika>

2. Давыдов, В.Г. Программирование и основы алгоритмизации: Учеб. Пособие / В.Г. Давыдов. — М.: Высш. шк., 2003. — 447 с.: ил.

3. ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ. Программа для определения оптимальной конфигурации аккумуляторной батареи на основе результатов входного контроля аккумуляторных элементов. — Текст : электронный // Федеральный институт промышленной собственности : [сайт]. — URL: <https://www.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=6678da1a5937e5357d644d9bfa5d6d9e>

Система повышения эффективности ориентирования пассажиров аэровокзала и своевременного прибытия на посадку

Егжов Д.В., Терешко П.О.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Надейкина Л.А.

МГТУ ГА, Москва

Повышение качества обслуживания пассажиров является одной из первостепенных задач, стоящих перед современными аэропортами. Серьезным недостатком системы обслуживания является отсутствие поддержки авиапассажира, опаздывающего на посадку. Технологии способны помочь в решении этой задачи. Была разработана система мониторинга местонахождения пассажиров с целью предоставления сервиса оповещения опаздывающих на посадку авиапассажиров. Кроме того, было разработано мобильное приложение для помощи пассажирам эффективно ориентироваться в здании аэропорта и вовремя подходить к нужному выходу на посадку.

Были реализованы следующие модули:

- Разработан интерфейс пользовательского приложения;
- Создана база данных для хранения данных;
- Разработан программный код обработки данных, поступающих как от пользователя, так

и из базы данных, а также код, позволяющий прокладывать маршруты на карте аэровокзала.

Для реализации проекта был выбран язык программирования Python, так как он имеет сильную динамическую неявную типизацию данных, обладает большим количеством функций для обработки данных, по сравнению с другими языками программирования, а также позволяет работать с данными в режиме реального времени. Для реализации базы данных была выбрана реляционная СУБД SQLite из-за хорошей совместимости с Python.

Пассажир устанавливает на свое мобильное устройство приложение, для авторизации в котором, ему необходимо ввести номер своего посадочного талона. После чего пользователю открывается сводная информация о рейсе, на который он зарегистрирован, хранящаяся в базе данных.

Также, после авторизации, пассажиру предоставляется возможность открыть карту аэропорта, в котором он находится. Далее пассажир может указать нужный ему объект в здании аэровокзала, после чего будет построен заранее заготовленный маршрут до места назначения.

При входе в торговую точку, пассажир сканирует свой посадочный талон, и информация о проходе помещается в базу данных, в качестве его текущего местоположения.

В том случае, если пассажир опаздывает, ему посылается соответствующее уведомление, при переходе по которому открывается карта с маршрутом следования к выходу на посадку.

Система выполняет следующие функции:

- Хранение и сбор информации о рейсах, объектах аэровокзала, пассажирах;
- Отслеживание перемещений пассажиров по зданию аэровокзала;
- Осуществление навигации пассажира;
- Своевременное оповещение пассажира о необходимости проследовать к выходу на посадку.

Список используемых источников:

1. Основы Kivy: [сайт]. URL: <https://kivy.org/doc/stable/guide/basic.html>
2. SQLite Documentation: [сайт]. URL: <https://www.sqlite.org/docs.html>

Исследование проблем проведения внутреннего аудита безопасности информационных систем и проектирование программного комплекса его автоматизации

Ерошин П.А.

Научный руководитель — Ильченко А.В.

МАИ, Москва

В силу принятых в последнее время законодательных актов (в частности, Постановление Правительства РФ от 15 июля 2022 г. N 1272 «Об утверждении типового положения о заместителе руководителя органа (организации), ответственном за обеспечение информационной безопасности в органе (организации), и типового положения о структурном подразделении в органе (организации), обеспечивающем информационную безопасность органа (организации)» [1] в компаниях, имеющих критическую инфраструктуру, обязанности по соблюдению информационной безопасности возложены на заместителя по информационной безопасности или иного руководителя структурного подразделения по информационной безопасности [2]. Для оценки уровней и степени безопасности информационных систем в организациях выступает внутренний или внешний аудит безопасности. В рамках аудита на договорной основе в организацию приглашаются специалисты, которые собирают все возможные метрики об информационной системе, проводят анализ соответствия данных метрик требованиям регуляторов в области защиты информации, а также отсутствию уязвимых настроек программного обеспечения. Итогом внутреннего аудита является отчет. Однако многие малые и средние организации не обладают достаточными финансовыми возможностями оплатить аудит, а также не имеют в штате квалифицированных специалистов в области защиты информации. Данные проблемы будут проанализированы в данной статье.

Анализ проблематики информационной безопасности организации с использованием информационной платформы Lens.org показал увеличение интереса к проблеме автоматизации внутреннего аудита как со стороны мирового сообщества, так и со стороны Российской Федерации. В ходе изучения требований, предъявляемых к информационным системам, обрабатывающим конфиденциальную (для организации) информацию, не составляющую государственную тайну определены основные регламентирующие документы — Приказ ФСТЭК России от 18.02.2013 N 21 (ред. от 14.05.2020), Приказ ФСТЭК России N 17, Федеральный Закон №152 на основе них составлен список критериев, которым должна соответствовать информационная система. Также проведен анализ программных средств (далее — ПО) для сбора и анализа метрик информационной системы, в качестве наиболее подходящего под задачи моей работы было выбрано ПО Lynis. Это консольная утилита Linux, поддерживающаяся большинством дистрибутивов (Ubuntu, Debian, Red Hat и т.д.), отличающаяся гибкостью в настройке и возможностью создания своих сценариев тестирования информационной системы. Однако, ПО не имеет графического интерфейса, а

также отчета соответствия нормативным правовым документам, в связи с чем оно было использовано мной как основа логики сбора метрик.

Разрабатываемый программный комплекс представляет из себя графическую утилиту для тестирования информационных систем на базе ОС Linux и формирования отчета как для работников IT-подразделений, так и для руководителей с целью оценки защищенности и принятия дальнейших решений по улучшению и/или поддержанию на высоком уровне защиты информации. В качестве языка программирования используется Python и библиотека Tkinter. Данный выбор делает утилиту кроссплатформенной, что в дальнейшем увеличит охватываемый список автоматизированных рабочих мест пользователей. Состав программного обеспечения — более 150 строк кода на языке программирования Python, программный комплекс протестирован на 3-х дистрибутивах операционной системы Linux (Ubuntu, Fedora, Debian), проанализированы полученные результаты.

В результате, разработанное ПО проводит комплексный анализ информационной системы на операционных системах семейства Linux, и выводит подробный отчет, в котором содержится информация о наличии включенного межсетевого экрана, его настройках, наличии в системе сканера уязвимостей, наличии антивирусного ПО в системе, наличии и настройки USB драйвера (представляет возможность несанкционированного доступа при отсутствии контроля трафика по USB каналу). В каждом рассматриваемом критерии появляется пункт «Пройдено» в случае выполнения требований информационной безопасности. Если критерий не соответствует требованиям, появляется пункт «Обнаружена угроза», а также появляется рекомендация по устранению обнаруженных несоответствий. Таким образом, разработанное ПО позволяет наглядно увидеть состояние информационной системы с точки зрения информационной безопасности, что в дальнейшем должно использоваться в построении дорожной карты информационной защиты организации.

Таким образом, целью моей работы является исследование актуальных проблем автоматизации проведения внутреннего аудита безопасности информационных систем, а также применение результатов исследования на практике путем создания собственного ПО для внутреннего аудита информационных систем.

Список используемых источников:

1. ПП РФ от 15 июля 2022 г. N 1272 «Об утверждении типового положения о заместителе руководителя органа (организации), ответственном за обеспечение информационной безопасности в органе (организации), и типового положения о структурном подразделении в органе (организации), обеспечивающем информационную безопасность органа (организации)»

2. Ильченко А.В., Ильченко Т.Е., Некоторые аспекты исполнения законодательства российской федерации по защите информации в системах выделенных сетей связи в транспортной отрасли в условиях действий недружественных стран / Вестник донбасской юридической академии. юридические науки / Научный журнал № 25 / С. 44 – 52

Проектирование веб-приложения для информационного сопровождения олимпиадного движения в НИУ «МЭИ»

Захарова А.И.

НИУ «МЭИ», Москва

Согласно [1] один из возможных способов выявления одаренной (творческой) молодежи в студенческой среде вуза является развитие и расширение олимпиадного движения. В НИУ «МЭИ» преподаватели с разных кафедр проводят факультативы для подготовки к олимпиадам. В новостях оповещается информация о важных мероприятиях, но студенты в силу невнимательности и занятости могут пропустить важную информацию. На официальном сайте НИУ «МЭИ» раздел «конкурсы и олимпиады» находится в разработке.

Чтобы студент смог заблаговременно узнать об олимпиадах по его интересующим направлениям, записаться заранее на участие в олимпиаде, узнать о всех интересующих по его направлениям олимпиадных факультативов, необходимо разработать веб-приложение.

Задача: предложить и спроектировать веб-приложение для взаимодействия преподавателей и студентов по олимпиадному движению в НИУ «МЭИ» на языке программирования Java с популярным фреймворком Spring Boot. Также предлагается рассмотреть решение этой задачи не только в НИУ «МЭИ», но и в тех вузах, где информационное сопровождение еще не внедрено. В работе интегрируется Spring Data JPA с PostgreSQL.

Практическая значимость работы заключается в том, что все кафедры института на основе веб-приложения смогут образовать единую сплоченность олимпиадного сопровождения и взаимодействие со студентами.

Преподаватели будут иметь возможность информационного сопровождения по введению факультативов по подготовке к олимпиадам и учету списка посещаемых студентов; по организации сбора сборных на олимпиады разных уровней и разных этапов; по добавлению ассистентов (студентов старших курсов) для помощи в сопровождении факультативов для студентов младших курсов.

Студенты с первого курса смогут самостоятельно планировать свою подготовку на олимпиады и факультативы по подготовке к ним по интересующим его дисциплинам и записываться в команду участников; узнавать актуальную информацию о важных мероприятиях.

В текущей работе представлено проектирование веб-приложения для информационного сопровождения олимпиадного движения в НИУ «МЭИ», приведены результаты тестирования данного веб-приложения.

Список используемых источников:

1. Репина Е. Г. Студенческое олимпиадное движение как инструмент поиска одарённой молодёжи и педагогической работы с ней: принципы организации и опыт проведения // Самарский научный вестник. 2017. Т. 6. № 3–20. С. 297–302.

2. Уоллс К. Spring в действии. 6-е изд.// пер. с англ.А. Н. Киселева. М.: ДМКПресс. 2022. С. 544.

Интеллектуальная система визуального распознавания приближающихся опасных объектов

Зубков Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Чемоданов В.Б.

МАИ, Москва

Методы компьютерного зрения и нейронные сети все чаще используются в различных прикладных областях, таких как обработка визуальной информации с производств, контроль соблюдения правил дорожного движения, распознавания биометрических данных, однако за подобным родом технологий плотно закрепился стереотип об их немобильности, поскольку большинство решений, представленных на рынке сегодня — сложные предобученные нейронные сети, работа которых действительно требует большого количества вычислительной мощности.

Существуют методы оптимизации нейронных сетей, которые в совокупности с некоторыми методами компьютерного зрения приводят к существенному приросту производительности, позволяющему использовать в качестве обрабатывающего устройства микроконтроллеры, установленные непосредственно в носимое устройство.

Одной из проблем, которая может быть решена только с помощью подобной реализации интеллектуальной системы, является проблема обнаружения опасных для пешеходов объектов в условиях городской среды, поскольку пешеход не имеет возможности использовать большие вычислительные мощности, ввиду их малой мобильности, одновременно с тем невозможно использование облачных сервисов, так как задержка при передаче информации от устройства и обратно к устройству является критичным неустранимым минусом такого подхода.

Использование методов оптимизации позволило разработать и реализовать прототип устройства на базе микроконтроллера ESP32, обладающего двухъядерным процессором Tensilica Xtensa LX6 с тактовой частотой ядра до 240 МГц и оперативной SRAM памятью объемом 512 килобайт, которое, будучи расположенным на рюкзаке, уведомляет пешехода об опасности, приближающейся из слепой зоны (в случае данного прототипа — самоката). В ходе работы использовалась предобученная нейронная сеть YoloV8-nano, дообучение которой происходило с использованием изображений с размеченными на них людьми на самокатах. При работе по оптимизации данной нейронной сети были достигнуты весомые результаты, например без использования методов оптимизации, включающих компьютерное зрение, на основе только изменения внутренней структуры нейронной сети (неравномерная квантизация, спарсификация), почти вдвое было уменьшено время, затрачиваемое на обработку кадра (в среднем с 240 мс до 130 мс на процессоре Intel Core I5-5200U, данный процессор использовался только для измерения изменений в скорости работы, он не задействован при работе прототипа). При использовании методов компьютерного зрения, таких как классическая задача по выделению фона и алгоритма фокусировки на движущемся объекте обеспечивается увеличение производительности в подавляющем большинстве кадров при невысокой вычислительной стоимости самих алгоритмов.

Алгоритм фокусировки представляет из себя предварительное уменьшение входов нейронной сети (в данном случае — размер изображения, получаемого с камеры, больше размера изображения, которое обрабатывается нейронной сетью) и последующую адаптацию входной информации для исключения временных затрат на обработку заведомо бесполезной ее части. В алгоритме, который используется в данной работе, адаптация производится с помощью выделения на фоне движущихся объектов с помощью обычных алгоритмов компьютерного зрения, не включающих работу нейронной сети, поскольку подразумевается, что в контексте данной работы опасность для пешехода представляют только движущиеся самокаты.

В работе, описанной в этом тезисе, не принципиально использование конкретного микроконтроллера, однако принципиальны методы взаимодействия с микроконтроллером как с устройством с ограниченной вычислительной мощностью, что приводит к необходимости реализации методов, совмещающих в себе нейронные сети и алгоритмы без использования нейронных сетей, которые реализованы и будут совершенствоваться в ходе данной работы.

Список используемых источников:

1. A. N. Mazumder et al., "A Survey on the Optimization of Neural Network Accelerators for Micro-AI On-Device Inference," in IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems, глава 11, пункт 4, стр. 532-547, Декабрь 2021, doi: 10.1109/JETCAS.2021.3129415.
2. R. Fielding; J. Gettys; J. Mogul; H. Frystyk; L. Masinter Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1 1999

Проблемы безопасности публичных сетей

Кабанов Д.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Карпукhin Е.О.

МАИ, Москва

Современный мир характеризуется высокими темпами развития информационных технологий. Большим шагом в их развитии стал Интернет, а точнее его доступность публике — на сегодняшний день количество пользователей глобальной сети достигает 5 млрд. чел. [1], что показывает потребность в постоянной передаче информации. Учитывая доступность информационных технологий, а также потребность в них, достаточно очевидным шагом стало появление публичных сетей — таких сетей, безвозмездный доступ к услугам которых имеет каждый пользователь при условии наличия у него надлежащего оборудования.

Как и с любыми коммуникациями, рано или поздно возникает вопрос об их защите от злоумышленников. Для злоумышленника публичная сеть является выгодной целью атаки, поскольку, во-первых, публичные сети имеют большой поток пользователей, а во-вторых, используют известные технологии, сравнимые с оными для домашних сетей, уязвимости

которых известны злоумышленнику [2]. Так, например, в 2018 году стартовала эпидемия, получившая название Roaming Mantis. Несмотря на то, что эпидемия была относительно успешно сдержана, её локальные очаги возникают и по сей день [3, 4], что лишь подтверждает неугасающую заинтересованность злоумышленников в публичных сетях.

Анализ эпидемий и инцидентов, связанных с публичными сетями, позволил выявить следующие проблемы безопасности:

1. Используемые технологии;
2. Доступность публичных сетей;
3. Немотивированность организатора сети.

В публичных сетях применяются те же технологии, что и в иных видах сетей. Соответственно, данные сети подвержены уязвимостям, характерным для, например, домашней сети и её протоколам, которые злоумышленник может обнаружить и исследовать.

Доступ к публичным сетям может получить любое устройство, в том числе и злоумышленник, который может использовать эту возможность чтобы провести сетевую разведку, перехватить информацию или контролировать эпидемию.

Ещё одной проблемой безопасности публичных сетей является недостаточный профиль защиты, вызванный немотивированностью организатора сети в его построении. Информационная безопасность является убыточной статьёй расходов любого бизнеса, в силу чего организаторы сетевого доступа часто ею пренебрегают, соблюдая лишь обязательные и установленные законодательством требования, вместо необходимых.

Решение первой проблемы можно считать практически нереализуемым из-за трудоёмкости и возникновения проблем совместимости с другими сетями. Решение проблемы доступности может быть практически реализовано в лице фиксации подозрительной активности, исходящей от устройств. Для его реализации необходимо использование проактивных средств защиты, методы которых позволяют на основе анализа «предугадывать» появление угрозы. Проблемой данного решения является недостаточная точность данного подхода. Проблема немотивированности организатора сети в построении надёжного профиля защиты может быть решена более строгим государственным регулированием.

Пользуясь публичными сетями, злоумышленники собирают информацию об их пользователях для проведения целенаправленных атак. Примером такой информации может быть список контактов в мессенжере, позволяющий построить социальный граф, на основе которого в свою очередь производятся мошеннические действия, например, выдача злоумышленником себя за близкого человека с последующим выпрашиванием информации или финансовых средств. Другим видом атаки является загрузка вредоносного программного обеспечения на устройства жертв, которое также может собирать о них информацию, или, например, получить доступ к банковскому приложению и узнать реквизиты жертвы.

В настоящий момент публичные сети достигли такого распространения, что начало новой эпидемии является лишь вопросом времени. Учитывая резкий скачок активности киберпреступных группировок, вероятность появления новой эпидемии стремительно растёт с каждым днём.

Список используемых источников:

1. Статистика интернета и соцсетей на 2023 год — цифры и тренды в мире и в России [Электронный ресурс]. URL: <https://www.web-canape.ru/business/statistika-interneta-i-socsetej-na-2023-god-cifry-i-trendy-v-mire-i-v-rossii/>
2. Muppavarapu R. Open Wi-Fi hotspots-Threats and Mitigations. — 2015. [Электронный ресурс]. URL: <https://dl.packetstormsecurity.net/papers/wireless/openwifimitigations.pdf> (Дата обращения: 25.02.2024)
3. Roaming Mantis uses DNS hijacking to infect Android smartphones [Электронный ресурс]. URL: <https://securelist.com/roaming-mantis-uses-dns-hijacking-to-infect-android-smartphones/85178/> (Дата обращения: 25.02.2024)
4. Roaming Mantis Spreading Mobile Malware That Hijacks Wi-Fi Routers' DNS Settings [Электронный ресурс]. URL: <https://thehackernews.com/2023/01/roaming-mantis-spreading-mobile-malware.html> (Дата обращения: 25.02.2024)

Разработка web-IDE для транслятора языка программирования высокого уровня

Казначевский В.С., Пятков Н.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Челпанов А.В.

МАИ, Москва

В современном цифровом мире, где информационные технологии проникают во все сферы деятельности человека, разработка языков программирования играет ключевую роль. Языки программирования являются основным инструментом для создания программного обеспечения, которое управляет функционированием мобильных приложений, веб-сайтов, операционных систем, роботов и мн. др. Постоянно растущие требования к эффективности, безопасности и гибкости программного обеспечения ставят перед разработчиками языков программирования всё больше вызовов.

В соответствии с этими тенденциями представляется актуальным исследование и разработка новых языков программирования высокого уровня, способных удовлетворить современные учебные потребности. Важным аспектом этого процесса является создание инструментов для эффективного написания, тестирования и отладки кода на этих языках.

Одним из ключевых элементов в разработке программного обеспечения является среда разработки (IDE — Integrated Development Environment), которая предоставляет программистам удобный интерфейс для написания кода, его отладки, а также управления проектами. С развитием веб-технологий и облачных вычислений становится все более важным предоставление возможности разработки программного обеспечения непосредственно в браузере, что позволяет разработчикам работать независимо от операционной системы и физического местоположения.

Целью данной работы является разработка нового многофункционального языка программирования, ориентированного на учеников школ и студентов, которые начинают осваивать основы программирования. Этот язык должен обладать простым и интуитивно понятным синтаксисом, позволяя осваивать основы программирования в рамках соответствующих дисциплин. Кроме того, разрабатываемая IDE должна быть создана с учетом потребностей начинающих программистов, предоставляя интуитивно понятный интерфейс и инструменты для обучения и практики.

Основной упор делается на обеспечение максимальной доступности и удобства использования для учеников и студентов, что способствует более эффективному обучению программированию и развитию их навыков. Новый язык программирования будет поддерживать обучение основам алгоритмизации, структурам данных и другим ключевым концепциям программирования, что является важным аспектом в начальном этапе обучения. Создание такого языка и среды разработки не только облегчит начинающим программистам погружение в мир программирования, но и стимулирует их дальнейший интерес к данной области, способствуя формированию нового поколения IT-специалистов.

Применение моделей глубокого обучения для монокулярного восстановления высот по спутниковым снимкам

Кильчуков Т.А., Усенко Д.Е., Полюбин А.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Максимов Н.А.

МАИ, Москва

В данной научной работе исследуется применение передовых моделей глубокого обучения для задачи восстановления высот на основе спутниковых снимков. Среди рассматриваемых моделей — DPT, MIM, Midas, а также новаторские подходы, с использованием архитектуры Dinov2 в качестве механизма извлечения признаков. Основная идея исследования заключается в демонстрации возможности создания точных карт высот, опираясь исключительно на данные, полученные в видимом спектре, что становится возможным благодаря применению методов глубокого обучения.

Особенностью работы является анализ инвариантности моделей к различным условиям съемки, в частности, к углу наклона камеры и положению солнца. Этот аспект исследуется на основе специально синтезированной выборки, созданной с использованием детализированной трехмерной модели города и моделирования условий съемки с различными углами освещения. Результаты работы включают в себя сравнительный анализ производительности рассмотренных архитектур, а также визуализацию карт внимания, которые иллюстрируют механизмы восприятия и обработки изображений различными моделями.

Целью данного исследования является не только демонстрация эффективности использования моделей глубокого обучения для восстановления высот по спутниковым снимкам, но и глубокое понимание влияния условий съемки на качество и точность получаемых результатов. Работа предлагает важный вклад в развитие методов обработки спутниковых изображений, а также в область искусственного интеллекта и компьютерного зрения в целом.

Список используемых источников:

1. Turan M., Alhashim I., Wonka P. MonoViT: Self-Supervised Monocular Depth Estimation with a Vision Transformer [Электронный ресурс]. — 2022. — Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2208.03543>. — Дата доступа: [27.02.2024].
2. Chawla H., Jeeveswaran K., Arani E., Zonooz B. Image Masking for Robust Self-Supervised Monocular Depth Estimation [Электронный ресурс]. — 2022. — Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2210.02357>. — Дата доступа: [27.02.2024].

Понсковая интерактивная база знаний по терминам дискретной оптимизации для генерации автоматических умозаключений

Красоткин С.А.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Лемтюжникова Д.В.

ИПУ РАН, Москва

Задача коммивояжера представляет собой важную задачу в области дискретной оптимизации, которая требует нахождения кратчайшего пути, проходящего через все вершины графа, при этом каждая вершина должна быть посещена только один раз. В общем случае эта задача является NP-трудной и не имеет полиномиального алгоритма решения. Однако, существуют специальные случаи, для которых оптимальное решение может быть найдено за полиномиальное время.

В данной работе предлагается создание базы знаний специальных случаев задачи коммивояжера, где решения могут быть найдены за полиномиальное время. Эта база знаний предоставляет информацию о конкретных характеристиках и особенностях задач, для которых существуют эффективные алгоритмы решения. Исходя из этой базы знаний, предпринята генерация новых эвристик, учитывающих уникальные особенности каждого специального случая, на основе их классификации и применения к ним задачи регрессии.

Было проведено исследование полученных эвристик для задачи коммивояжера. Анализ включал изучение границ применения каждой эвристики и возможность предсказания решений для случайных наборов вершин. Кроме того, была оценена эффективность различных эвристик в разных сценариях.

Результаты показали эффективность некоторых эвристик, особенно в случае, когда вершины задачи коммивояжера располагаются на границах выпуклых оболочек, которые довольно удалены друг от друга. В этих случаях, эвристики показали хорошие результаты и могут быть полезны для нахождения приближенных решений с высокой точностью.

В данной работе представлена разработка эвристик для задачи коммивояжера на основе базы знаний специальных случаев. Исследования показали, что эти эвристики могут быть эффективными в определенных сценариях, особенно в случаях, где вершины расположены на границах выпуклых оболочек. Дальнейшее исследование и разработка новых эвристик на основе базы знаний специальных случаев могут способствовать дальнейшему улучшению решений задачи коммивояжера в различных приложениях и областях применения.

Список используемых источников:

1. Lentyuzhnikova D. et al. Pairwise Similarity Estimation for Discrete Optimization Problems //Advances in Systems Science and Applications. — 2023. — Т. 23. — №. 2. — С. 164-177.
2. Gilmore PC, Lawler EL, Shmoys DB. Well solved special cases. In: Lawler EL, Lenstra JK, Rinnooy Kan AHG, Shmoys DB, editors. The traveling salesman problem: A guided tour of combinatorial optimization, New York, 1985:87–143
3. Burkard R. E. et al. Well-solvable special cases of the traveling salesman problem: a survey // SIAM review. — 1998. — V. 40. — No. 3. — P. 496–546.
4. Quintas L. V., Supnick F. On some properties of shortest Hamiltonian circuits //The American Mathematical Monthly. — 1965. — Т. 72. — №. 9. — С. 977–980.

Разработка программного комплекса для хранения и обработки данных при помощи QR-кодов на примере инвентаризации основных средств

Куликов П.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Романенков А.М.

МАИ, Москва

Процесс добавления, извлечения и удаления данных зачастую является рутинным и долгим. Если приводить в пример проведение инвентаризации, то во многих организациях до сих пор производится нанесение инвентарных номеров пишущими средствами на поверхность объекта. Из-за чего проверка наличия предмета сводится к визуальному считыванию человеком инвентарного номера и сравнение его с данными из формы описи. Данный процесс может занимать от нескольких дней вплоть до недели. Приложение создано с целью ускорить и упростить процессы добавления, извлечения, изменения, хранения и удаления данных при помощи QR-кодов. Также программа позволяет проводить инвентаризационную опись основных средств по форме ИНВ-1.

Приложение позволяет обеспечить единую систему хранения и обработки данных. В качестве интерфейса для взаимодействия человека с системой выбрано мобильное устройство на операционной системе Android.

Гибкая архитектура и иерархия базы данных позволяет адаптировать систему под конкретную организацию, а также упростить процесс дальнейшей разработки.

В приложении есть возможность добавлять новые данные при помощи мобильного интерфейса, после чего для нового объекта будет создан QR-код. Затем будет сгенерирован файл, который содержит новые QR-коды для их дальнейшей печати и нанесения на товарно-материальные ценности. Размер двумерного штрих-кода можно выбрать самостоятельно.

Извлечение данных осуществляется при помощи сканирования QR-кодов в приложении, причём информация может быть отображена как в сокращённом, так и в расширенном виде. Полученные данные можно сохранить в каталог, который создается пользователем внутри приложения. Данная функция позволяет сделать процессы получения и извлечения данных последовательными, а не смешанными, что облегчает и ускоряет работу человека.

В системе также можно удалять данные при необходимости.

Процесс инвентаризации товарно-материальных ценностей занимает много времени и рабочей силы. Некоторые крупные организации могут проводить опись неделями, так как для проверки наличия объекта необходимо зрительно сверить инвентарный номер и отметить его в форме описи. Приложение позволяет упростить и ускорить проведение инвентаризации. Пользователю лишь нужно загрузить документ описи в формате Excel в систему, затем при помощи сканера QR-кодов произвести проверку наличия объектов. В результате взаимодействия человека с программой получается файл с отмеченными товарно-материальными ценностями.

Весь этот функционал доступен, если пользователь авторизован, то есть имеет прямой доступ от организации к данным, в противном случае работа будет недоступна.

Приложение написано с использованием распространённых, современных и проверенных временем библиотек и фреймворков. В основе работы используется архитектурный паттерн

проектирования MVVM, что позволяет упростить и ускорить дальнейшую поддержку приложения, а также разделить его на компоненты: модель (Model), отображение (View) и модель представления (ViewModel).

Серверная часть приложения представляет из себя веб-сервис, позволяющий взаимодействовать с приложением по протоколу HTTP. На серверной части находится основная база данных, с которой через контроллеры и производится взаимодействие. Серверная часть явно разделена на три части: контроллеры, сервисы и репозитории. Данное разбиение позволяет разделить зону ответственности кода на извлечение информации из базы данных, бизнес-логику и описание конечных точек (end-points) для вызова нужного функционала по запросу пользователя.

Результаты данной разработки позволяют ускорить и упростить взаимодействие с данными при помощи QR-кодов. Гибкая архитектура серверной и клиентской частей позволяет удобно поддерживать существующий код, а также быстро и качественно добавлять новые возможности.

Список используемых источников:

1. Мартин. Р Чистый код: анализ и рефакторинг. [Текст] — СПб.: Питер, 2022. — 464с.: ил. — ISBN 978-5-4461-0960-9
2. Макконнелл С. Совершенный код. Мастер-класс [Текст] / Пер. с англ. — СПб.: БХВ, 2022. — 896 стр.: ил. — ISBN 978-5-9909805-1-8
3. Philipp Lackner [Электронный ресурс]. — 2023 — URL: <https://www.youtube.com/@PhilippLackner> (Дата обращения: 25.09.2023). — Режим доступа: свободный
4. Android Developers [Электронный ресурс]. — 2023 — URL: <https://developer.android.com/topic/architecture> (Дата обращения: 05.10.2023). — Режим доступа: свободный

Проблемы тестирования компонентов гипервизора

Лисовский О.Р.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Лукин В.Н.

МАИ, Москва

Использование в современной инфраструктуре гипервизоров (ПО, позволяющего использовать ресурсы физического хоста для создания виртуальных машин, хранилищ, сетей и т.д.) имеет решающее значение по ряду причин: он оптимизирует использование доступных ресурсов, обеспечивает безопасность, масштабируемость, простое и быстрое аварийное восстановление и т.д. Также гипервизоры активно используются при тестировании различного программного обеспечения.

Однако из-за высокой сложности проверки данного ПО, проприетарности наиболее популярных продуктов (HYPER-V, VMWARE ESXI), а также того, что при разработке решений с открытым исходным кодом были приняты разные подходы, единой методики тестирования самих гипервизоров так и не было разработано.

При тестировании различных возможностей гипервизора необходимо постоянно проверять два аспекта — корректность работы виртуального оборудования (виртуальных машин, хранилищ, сетей и т.д.) и корректную работу физического оборудования и потребление ресурсов гипервизора. Так при проверке создания виртуального хранилища необходимо проверить использование нужных дисков, создание, перемещение, копирование, удаление и целостность файлов. При создании же ВМ необходимо проверить ряд компонентов: процессор, оперативную память, виртуальный диск и т.д. При тестировании процессора требуется проверять возможность ЦП физического хоста эмулировать выбранный для ВМ модель процессора, корректную работу задействованных ядер в ВМ и работу этих ядер на заданной частоте. При проверке оперативной памяти необходимо следить за выделением хостом выбранного количества памяти и резервированием её минимального количества для ВМ. При проверке создания виртуального диска требуется удостовериться, что он корректно присоединился к ВМ по заданной шине (IDE, SATA, Virtio) и в зависимости

от его типа занял либо часть объёма («тонкий» диск), либо занял сразу весь объём («толстый» диск). Также отдельно необходимо проверять изменение количества процессоров, оперативной памяти, виртуальных дисков и прочих элементов у работающей ВМ. Дополнительные сложности вносятся при вводе функции миграции ВМ между гипервизорами — потребуется проверка сохранения всех параметров после миграции, проверка работоспособности ОС в ВМ и проверка корректной работы ВМ после миграции без остановки работы. Но самая сложная часть — выделение всех часто встречающихся комбинаций параметров для ВМ с их последующим тестированием.

В связи с описанной выше сложностью требуется разработка общей методики тестирования, которая будет подходить для тестирования подавляющего числа существующих гипервизоров. Также эта методика необходима и для тестировщиков и для разработчиков новых продуктов в данной области, в том числе и российских.

Методика тестирования бортовой информационной сети SpaceWire

Максютин А.С.

СибГУ им. М.Ф. Решетнёва, Красноярск

В настоящее время на предприятии АО «РЕШЕТНЁВ» ведется разработка комплексной методики аппаратно-программного тестирования бортовых информационных сетей SpaceWire, в основе которой лежит применение аппаратно-программного моделирования сети и последующего анализа информационного взаимодействия в ней.

Моделирование предлагается осуществлять при помощи построения сети из аппаратных средств, представляющих собой следующее оборудование:

1. Управляющий модуль — компьютер, с реализованным специальным программным обеспечением (СПО), на который возложены функции управления элементами, составляющими модель сети.

2. Генераторы трафика — вычислительные устройства, на которые возложена функция отправки и приема данных в сеть и из сети SpaceWire в соответствии с настройками, заданными для них управляющим модулем.

3. Интерфейсные мосты SpaceWire — устройства, на которые возложена функция обеспечения связи генераторов трафика с сетью SpaceWire по одному из распространенных интерфейсов, таких как USB или Ethernet.

4. Маршрутизирующие коммутаторы SpaceWire — коммутационные устройства, на которые возложена функция обеспечения связи элементов сети.

В связи с тем, что система моделирования должна предоставлять возможность проведения испытаний различных сетевых топологий для космических аппаратов (КА), то она должна обладать возможностью задания ряда конфигураций, определяемых в зависимости от исходных данных для проектирования бортовой информационной сети SpaceWire, которыми являются состав ее конечных узлов и режимы их работы.

Состав может быть задан подбором необходимого числа и типа аппаратных средств, а режимы работы могут быть заданы путем реализации СПО, которое будет управлять конфигурацией генераторов трафика, а также маршрутизирующих коммутаторов SpaceWire. Для возможности моделирования различных режимов работы предлагаются следующие конфигурации:

1. Генераторы трафика:

1.1. Транспортный протокол и его механизмы:

1.1.1. Remote memory access protocol (RMAP):

- Тип команды (запись, чтение, чтение-изменение-запись);
- Требование верификации данных перед записью;
- Требование ответа.

1.1.2. Сетевой транспортный протокол сети SpaceWire для КА АО «ИСС» (СТП-ИСС):

- Тип пакета (команда управления, срочное сообщение, обычное сообщение);
- Требование подтверждения приема;
- Значения таймеров времени жизни и повтора.

- 1.2. Логический адрес.
- 1.3. Объем передаваемых данных.
- 1.4. Период передачи данных.
- 1.5. Скорость передачи данных.
- 1.6. Маршрут следования данных.

2. Маршрутизирующие коммутаторы:

- 2.1. Логические адреса в таблице маршрутизации.
- 2.2. Приоритеты для логических адресов в таблице маршрутизации.
- 2.3. Групповое вещание для логических адресов в таблице маршрутизации.

- 2.4. Адаптивная групповая маршрутизация для логических адресов в таблице маршрутизации.

За этапом моделирования следует этап анализа информационного взаимодействия. Для осуществления такого анализа требуется дооснащение аппаратной части модели сетевыми анализаторами SpaceWire. Данные устройства устанавливаются в разрыв соединения между 2 другими устройствами SpaceWire и позволяют записывать все проходящие по данному соединению данные, с установкой для них временных меток [1].

В построенной модели анализаторы предлагается подключать на выходных линиях 2 различных интерфейсных мостов, каждый из которых в комбинации со своим генератором трафика является моделью некоторого оконечного узла бортовой информационной сети SpaceWire.

Обработка полученных от анализаторов данных при помощи разработанного ПО позволяет получить информацию о сетевых характеристиках канала, основными из которых являются:

1. Задержки передачи данных.
2. Вероятность доставки данных без искажений.
3. Время гарантированной доставки данных (при использовании транспортного протокола с соответствующими механизмами) [2].

После проведения информационного взаимодействия в построенной модели и определения исследуемых сетевых характеристик выделенного для анализа канала становится возможным определить соответствие данных характеристик требованиям, которые предъявляются к сетевым характеристикам каналов в реальной бортовой информационной сети SpaceWire.

Список используемых источников:

1. Хогдалл Дж.С. Анализ и диагностика компьютерных сетей / Дж.С. Хогдалл. — Москва: Изд-во Лори, 2001 — 26 с.
2. Шейнин Ю.Е., Оленев В.Л., Лавровская И.Я., Дымов Д.В., Кочура С.Г. Разработка, анализ и проектирование транспортного протокола СТП-ИСС для бортовых космических сетей SpaceWire // Исследования наукограда. — Железнодорожск, 2014. №. 1–2. С. 21–30.

Использования нейросетей типа GPT chat в качестве ассистентов кодирования

Манин А.Н., Горшкова А.П., Прудников А.В.
Научный руководитель — Александрова С.С.

МАИ, Москва

Использование нейросетей, таких как Чат GPT, Gemin, и GitHub Copilot, становится неотъемлемой частью современной сферы программирования. Эти инновационные технологии от Yandex, GigaChat и Copilot предоставляют программистам мощные инструменты для решения различных задач, от оптимизации кода до создания интеллектуальных систем. Каждый из этих фреймворков имеет свои особенности, плюсы и минусы.

Одним из ключевых преимуществ использования нейросетей в программировании является их способность к улучшенному машинному обучению. Нейросети адаптируются к

изменяющимся требованиям, что делает их идеальным инструментом для решения сложных задач, таких как распознавание образов, оптимизация алгоритмов и создание интеллектуальных агентов.

Автоматизация рутинных задач с использованием нейросетей значительно снижает нагрузку на разработчиков, освобождая время для более творческих и сложных задач. Однако, несмотря на все преимущества, существуют некоторые недостатки, такие как сложность интерпретации результатов.

Для генерации кода широко используются различные инструменты, включая Чат ГПТ 3.5, Gemin, GitHub Copilot и они считаются лучшими в этой сфере. Но их использование в настоящий момент затруднено. Сравнительные тесты доступных нам нейросетей показали, что при решении алгоритмически простых задач и общеизвестных алгоритмов наиболее чистый код получен в YandexGPT 2. При работе с иерархическими структурами выявились проблемы, такие как использование устаревших или самых новых библиотек и сложность получения решения нетривиальных задач. Наилучшими инструментами в данном контексте оказался тоже YandexGPT 2.

Нейросети представляют собой мощный инструмент в сфере ИТ, способный повысить производительность, снизить количество ошибок и открыть новые возможности для программирования. Важно отметить, что хотя нейросети не являются универсальным решением, их использование имеет большой потенциал и является перспективным направлением развития в ИТ. В данном контексте YandexGPT 2 проявляет себя как лучший выбор среди представленных нейросетевых инструментов.

Применение адаптивной ОС РВ «Z» для программирования аппаратно-программного комплекса подвижного объекта

Масленникова Т.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Чечиков Ю.Б.

МАИ, Москва

При разработке новой системы надо стремиться не только к тому, чтобы сдать ее в срок, а также к тому, чтобы обеспечить ее удобное сопровождение на протяжении всего жизненного цикла. Одним из способов облегчения сопровождения систем является изменение подхода к разработке, а именно предлагается использование принципов объектно-ориентированного программирования при создании систем на базе ОС РВ «Z». Такой подход позволяет подсоединять к существующей системе новые устройства промышленного и индивидуального производства с минимумом усилий.

Ядром ОС РВ является Автономная Адаптивная Самосинхронизирующаяся Система Ввода Вывода (ААССВВ).

Автономность. ААССВВ локализована в виде отдельного программного комплекса и не связана с внешней операционной системой ОС, которая может использоваться на данном MCU или CPU. Это обеспечивает переносимость с одной аппаратно-программной платформы на другую.

Адаптивность. В систему заложено свойство адаптации и инвариантности к существующему и новому цифровым устройствам. Адаптация программных решений под новое устройство не будет представлять большой проблемы. Базовый уровень программы будет оставаться одинаковым даже для разных вычислителей. Конкретика начинается на нижних уровнях иерархии, где учитываются особенности конкретной микросхемы.

Самосинхронизация. Аппаратная и программная части системы имеют одновременный доступ к общей части памяти. ААССВВ автоматически синхронизирует доступ к общей памяти, чтобы не было конфликтов между программной и аппаратной частями.

Система Ввода/Вывода ААССВВ обеспечивает двунаправленность потоков данных между прикладной задачей и внешней средой. Система Ввода/Вывода обеспечивает работу с подключенными периферийными устройствами ввода/вывода состоящих из ЦАП, АЦП, SPI, UART, MKIO, Ethernet, а также разбор сообщений и диспетчеризацию потоков данных между

устройствами. Диспетчеризация состоит в том, чтобы своевременно определять отправителей и получателей сообщений.

С описанными выше возможностями система может находить широкое применение в промышленных и частных разработках. В данной работе объектом проектирования является уменьшенная в масштабе управляемая модель танка, содержащая микроконтроллер и двигатель управления гусеницами.

Благодаря двунаправленности потоков системы ввода/вывода передача данных может осуществляться без коллизий. Микроконтроллер может одновременно получать информацию от двигателя и отправлять ему команды, не опасаясь потери информации. Если к контроллеру подключить несколько устройств, то регулировать поток информации поможет диспетчеризация сообщений. Она будет определять, какому из подключенных устройств было отправлено то или иное сообщение.

Под программированием аппаратно-программного комплекса понимается подключение микроконтроллера и сбор информации с периферийных устройств.

Подключение микроконтроллера представляет собой инициализацию регистров RCC (reset and clock control), отвечающих за настройку тактовой частоты и регистров TIMx (general-purpose timers) для настройки таймеров.

Сбор информации осуществляется с помощью протокола передачи данных SPI. Для работы данного протокола необходимо: настроить пины контроллера, которые будут использоваться для SPI, на режим альтернативной функции, связанной с SPI, настроить режим работы SPI, т.е. скорость передачи данных, режимы тактирования (положительный/отрицательный фронт), поддержку прерываний, порядок передачи битов, способ обмена данными (одинаковый/разный формат для передачи и приёма). Далее необходимо включить интерфейс SPI, так контроллер понимает, что данный протокол готов к работе. После можно отправить или принять данные по SPI, используя соответствующие регистры передачи и приёма данных.

Все описанные функции по инициализации регистров и настройке соответствующих функций реализованы в ОС PB на уровне абстракций в базовом классе с применением ООП. Поэтому для их настройки необходимо создать нового потомка и в нем учесть особенности реализации этих функций на новом устройстве. При использовании адаптивной ОС PB разработчик может не начинать работу заново, а использовать уже имеющиеся проекты, созданные с помощью этой системы. Таким образом, снижаются пусковые затраты проекта. Если в систему необходимо будет внести какие-либо изменения или дополнения, то такой принцип разработки позволит значительно облегчить процесс сопровождения системы, так как изменения будут реализовываться на уровне потомка.

Список используемых источников:

1. Адаптивная система обмена данными / Ю. Б. Чечиков, В. Е. Секретарев, В. Н. Лукин, А. Л. Дзюбенко // ИНФОРМ. ПРОЦЕССЫ И СИСТЕМЫ. — 2022. — № 2. — С. 25–28.
2. Проблемы освоения средств для программирования микроконтроллеров / Т.Ю. Масленникова, В.Е. Секретарев [Текст] // Перспективные научные исследования: опыт, проблемы и перспективы развития. — Уфа: НИЦ Вестник науки, 2023. — С. 169–175.

Разработка системы распознавания автомобильных номерных знаков с помощью машинного обучения

Михайлов Ю.Ю.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Нагибин С.Я.

МАИ, Москва

Распознавание номерных знаков автомобилей является актуальной задачей в программных продуктах, предназначенных для управления доступом транспортных средств на территории предприятий, парковок, а также для мониторинга автомобильного движения. Данная разрабатываемая система предназначена для автоматического открытия шлагбаумов клиентам, находящимся в базе компании-заказчика, занимающейся диспетчеризацией шлагбаумов.

Предметом исследования являются методы искусственного интеллекта, применяемых в алгоритмах распознавания автомобильных номерных знаков. Также рассматривается

возможность использования искусственных нейронных сетей в качестве классификаторов для цифробуквенных символов на номерных табличках. Объектом исследования является технология распознавания автомобильных номерных знаков, базирующаяся на алгоритмах обработки изображений и распознавания символов. Цель работы заключается в разработке системы распознавания номерных знаков.

Существует обширное количество методов и алгоритмов для обработки изображений. В данной работе будут реализованы следующие: фильтр Гаусса — в основном для удаления шумов, детектор Канни — для поиска контуров объектов, детектор Хаара — для поиска объекта на изображении, гистограммы яркости — для поиска границ объектов, сверточные нейронные сети — для непосредственно распознавания.

Исходя из проведенного теоретического анализа, был разработан алгоритм распознавания автомобильных номерных знаков.

Предлагаемый алгоритм представляет собой последовательность следующих этапов:

- 1) перевод изображения номерной таблички в градации серого;
- 2) избавление от шумов;
- 3) бинаризация изображения;
- 4) нахождение границ автомобильного номера;
- 5) нахождение и отрисовка контуров символов и букв;
- 6) сегментация номерного знака;
- 7) распознавание символов и букв.

В результате была разработана система распознавания автомобильных номеров. Система принимает на вход ссылку на камеру, транслирующую изображение шлагбаума и конфигурацию (область, в которой должен находиться автомобильный номер и т.д.). Если в указанной области распознается номер, находящийся в базе, система отправляет запрос на открытие.

Список используемых источников:

1. Viola, P. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features / P. Viola, M.J. Jones // Proceedings IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2001.
2. Сикорский, О. С. Обзор свёрточных нейронных сетей для задачи классификации изображений / О. С. Сикорский // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. — 2017. — № 20. — С. 37–42.
3. Фокин, Д. С. Предварительная обработка изображений сцены для выделения искомого объекта / Д. С. Фокин, С. Н. Карабцев, Т. С. Рейн // Международный научно-исследовательский журнал. — 2020. — № 3-1(93). — С. 23–36.
4. Свирин, И. Некоторые аспекты автоматического распознавания автомобильных номеров / И. Свирин, А. Ханин // Алгоритм безопасности. — 2010. — № 3. — С. 26–29.

Разработка средства защиты для обеспечения безопасности использования протокола EIGRP

Мозжухин Д.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Карпухин Е.О.

МАИ, Москва

Протоколы маршрутизации играют ключевую роль в обмене информацией в сети Интернет, способствуя эффективной коммуникации как в глобальных сетях WAN, так и в корпоративных сетях меньшего масштаба. Существует два основных типа протоколов маршрутизации: внутрисетевые, используемые для связи устройств в рамках одного домена, и внешнететевые, соединяющие различные домены. Совместное использование этих протоколов обеспечивает связность всей Интернет-инфраструктуры. В настоящее время наиболее популярными протоколами динамической маршрутизации являются BGP, OSPF и EIGRP, которые, несмотря на свои различия, служат общей цели нахождения кратчайшего, быстрого и оптимального маршрута к конечному пункту назначения [1].

Если рассматривать все протоколы, то можно сказать, что на данный момент наиболее распространены OSPF и BGP, однако при рассмотрении протокола EIGRP было выявлено, что он имеет достаточно тонкую настройку пути, так как использует формулу для настройки.

Метрики K1-5 в расчетах отвечают за наличие или отсутствие той или иной характеристики. Если запустить протокол EIGRP, то стандартные значения этих метрик будут следующие [2–5]:

$K_1=1$; $K_2=0$; $K_3=1$; $K_4=0$; $K_5=0$.

В ходе анализа источников было выявлено, что данный протокол имеет низкую защищенность, так как уязвим для DDoS-атак, MITM-атак и атак типа Route Injection. В следствии этого возник вопрос — возможно ли создать средство защиты информации (СЗИ), которое способно обнаруживать и предотвращать такие атаки.

Данная работа посвящена разработке такого СЗИ. Для этого необходимо провести DDoS-атаку, MITM-атаку и атаку типа Route Injection, а также выявить ключевые характеристики, которые помогут их обнаружить, чтобы использовать выходные данные в разрабатываемом СЗИ.

В ходе проведения и анализа атак были выявлены следующие характеристики:

DDoS

Перегрузка процессора маршрутизатора, которая может свидетельствовать о проводимой атаке;

Последовательные и непрерывные сообщения в командной строке маршрутизатора о том, что соединение с соседом с несуществующим ip-адресом было разорвано;

Быстрорастущее число пакетов, а также их наименование.

MITM

Наличие в ARP таблице адреса, который не относится к списку адресов компании;

Наличие в той же ARP таблице двух одинаковых физических адресов;

Наличие в dump'e трафика пакетов с ARP протоколом.

Инъекция маршрута

Перегрузка процессора маршрутизатора;

Большое число несуществующих маршрутов в таблице маршрутизации;

Быстрорастущее число hello пакетов в dump'e трафика.

После получения характеристик, с помощью которых возможно обнаружить данные атаки, возможно написать правила для программы, которая будет автоматически детектировать и предотвращать данные атаки.

В ходе анализа протокола внутрисетевой маршрутизации были выявлены как положительные, так и отрицательные стороны. Ключевой характеристикой отрицательной стороны данного протокола является то, что EIGRP не очень хорошо изучен, так как он, до определенного момента, являлся проприетарным, однако он имеет достаточно тонкую настройку, что сильно поможет в построении сети на предприятии.

Список используемых источников:

1. Шелухин, О.И. Сетевые аномалии : обнаружение, локализация, прогнозирование / О.И. Шелухин. — М. : Горячая линия — Телеком, 2019. — 447 с.

2. Okonkwo Comparative study of EIGRP and OSPF protocols based on network convergence / Okonkwo, a. E. IJ, ID. — Текст : непосредственный // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. — 2020, № 6. — С. 39–45.

3. Understand and Use the Enhanced Interior Gateway Routing Protocol. — Текст : электронный // Cisco : [сайт]. — URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/enhanced-interior-gateway-routing-protocol-eigrp/16406-eigrp-toc.html> (дата обращения: 16.12.2022).

4. EIGRP // Cisco Learning URL: <https://ciscolearning.ru/cisco-router/eigrp/> (дата обращения: 16.12.2022).

5. Абрамкина О.А. Анализ эффективности работы протокола маршрутизации EIGRP // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2017. Том 11. №10. С. 60–65.

Сопоставление объектов на изображениях с различной перспективой

Мукин Ю.Д.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Алексейчук А.С.

МАИ, Москва

В современном мире все более широкое распространение получают различные беспилотные летательные аппараты. Они способны выполнять широкий спектр задач, благодаря чему нашли применение в самых различных областях, некоторые из которых могут предъявлять повышенные требования к отказоустойчивости всех систем БПЛА. Одной из самых уязвимых систем можно назвать спутниковую систему навигации (ГНСС), поэтому целесообразно оснащать дронов дублирующей системой навигации, использующей видеопоток с камеры БПЛА и предварительно загруженный спутниковый снимок с нанесенной координатной сеткой.

Задача реализации страховочной системы навигации является крайне объёмной и комплексной, поэтому рассмотрим один из наиболее важных ее компонентов — систему поиска «якорных» точек на видеопотоке с камеры аппарата и их сопоставления с эталонным снимком.

Для обнаружения одного и того же объекта, запечатлённого с разных ракурсов наилучшим образом, подходит сеть, построенная на принципе бездетекторного согласования локальных характеристик с помощью трансформеров или LoFTR. LoFTR генерирует две карты признаков для каждого из сравниваемых изображений с низким и высоким разрешением, изначально сравнение производится на грубых картах, с последующим уточнением на более точной карте признаков. Это позволяет добиться высокой точности, при сохранении относительно высокой скорости работы.

В условиях ограниченных вычислительных мощностей и жестких требований к скорости выполнения вычислений генерация двух карт для двух изображений высокого разрешения становится слишком «дорогой» операцией, поэтому необходимо сравнивать только объекты, относящиеся к одному классу. Для этого на спутниковое фото заранее нанесена разметка, включающая положение объекта в процентах сдвига относительно левого верхнего края и его размер в процентах от размера исходного фото.

Для обнаружения объектов на изображении с камеры летательного аппарата используется предобученный нейросетевой классификатор YOLOv8 с модифицированным классификатором. Архитектура YOLOv8 показывает высокую производительность и точность, а модифицированный классификатор позволяет избежать обнаружения лишних объектов не пригодных для использования в качестве опорной точки, таких как автомобили, временные строения и т.д.

В результате исследований был успешно разработан алгоритм позволяющий по объектам в кадре найти текущий фрагмент на изображение большего размера, на основании этих данных, параметров объектива и показаний бортового высотомера можно вычислить текущее место положение летательного аппарата с достаточно высокой точностью.

Список используемых источников:

1. Sun, Jiaming and Shen, Zehong and Wang, Yuang and Bao, Hujun and Zhou, Xiaowei: LoFTR: Detector-Free Local Feature Matching with Transformers // CVPR. 2021.
2. Chien-Yao Wang, Alexey Bochkovskiy, Hong-Yuan Mark Liao: YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2023.

Разработка сервиса для обнаружения аномалий в геоданных в потоковом и пакетном режимах

Нестерова П.Д.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Ненахов Е.В.

МАИ, Москва

Распознавание аномальных данных — очень важная часть оценочных процессов в любой системе, однако она особенно важна в таких отраслях, как телекоммуникации, финансы, торговля и кибербезопасность, так как позволяет локализовать проблему до того, как она затронет смежные системы и нанесет серьезный ущерб бизнесу. Обнаружение аномалий позволяет выделить необычные или неожиданные паттерны в наборе данных, значения, которые сильно отличаются от большинства и могут представлять собой ошибки, попытки мошенничества или другие происшествия, и маркировать их для дальнейшего анализа.

Целью данной работы является определение аномалий в геоданных с помощью совокупности математических алгоритмов в потоковом и пакетном режимах. Для достижения цели было необходимо спроектировать отказоустойчивую, масштабируемую систему, реализовать алгоритмы обнаружения аномалий и разработать механизм управления обработкой данных со стороны пользователя.

В качестве языка программирования был выбран Java, один из самых популярных языков для промышленной разработки. Для работы с данными в режиме потоковой обработки (streaming processing) использован брокер сообщений Apache Kafka. Для построения агрегатов в качестве буфера данных был использован Clickhouse, а основная БД для хранения данных и конфигураций СУБД PostgreSQL. Приложение работает в режимах потоковой и разовой обработки набора данных. Пользователь, посылая HTTP запрос, указывает режим обработки и метод обнаружения аномалий. Данные после обработки поступают в хранилище, из которого пользователь может получить информацию об аномальных и нормальных точках. Если в качестве режима была указана разовая обработка, пользователь в запросе передает конечный набор геоданных. Иначе, данные поступают в виде потока из внешнего источника, конфигурацию которого пользователь указывает в запросе. Для определения аномальных точек используются алгоритмы DBSCAN, HilOut, Isolation Forest, Local Outlier Factor, нормальное распределение, а также гибридный подход.

Список используемых источников:

1. Попова, И. А. Обнаружение аномалий в наборе данных с помощью алгоритмов машинного обучения без учителя Isolation Forest и Local Outlier Factor [Текст] / И. А. Попова // Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet». — 2020. — № 12. — С. 1460–1470.
2. Nowak-Brzezinska A., Xieski T. Outlier Mining Using the DBSCAN Algorithm [Текст] / Nowak-Brzezinska A., Xieski T. // JOURNAL OF APPLIED COMPUTER SCIENCE. — 2017. — № 2. — С. 53–68.
3. Apache Kafka / [Электронный ресурс]. — 2023. — URL: <https://kafka.apache.org/documentation/> (Дата обращения 31.10.2023).

Создание обучающей выборки для сегментации и детекции объектов с помощью генерации синтетических изображений методами нейронных сетей

Орлова И.М.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Лемтюжникова Д.В.

МАИ, Москва

Главной проблемой при разработке проектов машинного обучения является ручная разметка обучающей выборки. Данный метод не является эффективным, поскольку требует больших затрат по времени и усилиям, а также снижает качество подготавливаемых данных.

В настоящем докладе представлено программное обеспечение, автоматизирующее процесс создания обучающей выборки для нейронных сетей сегментации и детекции объектов. Принцип его работы состоит из следующих этапов:

- Задание параметров генерации;
- Генерация набора изображений;
- Стилизация части изображений;
- Создание сегментационных масок/ограничивающих рамок объектов.

Для генерации изображений в работе использовалось API Fusion Brain [1], которое предоставляет доступ к модели искусственного интеллекта Kandinsky 3.0 [2], разработанной командой Sber AI. Взаимодействие с API осуществлялось с помощью библиотеки http-запросов Requests на языке программирования Python. На вход модели подаётся текстовое описание (англ. prompt) объекта, на выходе получается сгенерированное изображение.

Для улучшения качества сегментации объектов на изображениях определённого стиля в работе был использован алгоритм переноса стиля с помощью нейронных сетей (англ. Neural Style Transfer) [3], реализованный в библиотеке TensorFlow на языке программирования Python. Общий принцип алгоритма был описан Леоном Гатисом [4], его идея заключается в том, что качество стилизации изображения рассматривается, как функция, минимум которой будет соответствовать наилучшему результату.

Общий критерий качества разделяют на:

- Степень соответствия результата исходному изображению по контенту JC;
- Степень соответствия результата нужному стилю JS.

Для создания масок и ограничивающих рамок (англ. Bounding boxes) объектов были применены реализации алгоритмов сегментации из библиотеки OpenCV на языке программирования Python. В работе были использованы следующие алгоритмы:

- Пороговая сегментация Оtsu;
- Кластеризация k-средние (англ. k-means);
- Водораздел (англ. WaterShed).

Разработанное программное обеспечение может значительно уменьшить время, затрачиваемое на создание обучающей выборки. Ручная разметка данных обычно занимает от нескольких часов до нескольких дней, тогда как время работы разработанного приложения составляет около 30 минут. Обучающая выборка, полученная в ходе работы, была протестирована при обучении модели DeepLabv3+. Для оценки результатов использовалась метрика Intersection over Union (коэффициент Жаккара). На тестовых изображениях среднее значение IOU составило не менее 0,9.

В дальнейшем планируется улучшение качества сегментационной маски за счет удаления бликов и теней с изображений, а также объединение нескольких классов объектов для мультиклассовой сегментации. Наборы данных, сгенерированные разработанным ПО могут быть использованы для любой нейронной сети сегментации или детекции объектов.

Список используемых источников:

1. Fusion Brain. API документация [Электронный ресурс]. URL: <https://fusionbrain.ai/docs/ru/doc/api-dokumentaciya/> (дата обращения 28.01.2024).
2. Kandinsky 3.0 — новая модель генерации изображений по тексту [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/companies/sberbank/articles/775590/> (дата обращения 28.01.2024).
3. Теория стилизации изображений (Neural Style Transfer) [Электронный ресурс]. URL: https://proporprogs.ru/neural_network/teoriya-stilizacii-izobrazheniy-neural-style-transfer (дата обращения 28.01.2024).
4. Gatys L. A., Ecker A. S., Bethge M. A neural algorithm of artistic style //arXiv preprint arXiv:1508.06576. — 2015.

Анализ алгоритмов обратного проектирования для дизассемблирования протоколов ботнет-сетей

Парпулов М.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Рошин А.Б.

МАИ, Москва

В настоящее время уровень информатизации общества стабильно растет с каждым годом, а задача обеспечения кибербезопасности информационных систем становится все более критической. Это связано с увеличением числа и сложности кибератак, одним из лидирующих векторов которых являются DDoS-атаки. Так, согласно отчетам различных компаний, число атак типа «отказ в обслуживании» выросло в 2023 году, по разным оценкам, на значение от 63% до 80% по сравнению с 2022 годом [1]. Вместе с тем, пиковая мощность атаки также была зарегистрирована в третьем квартале 2023 года. Ее значение составило 201 миллион запросов в секунду, что почти в 8 раз превысило предыдущий максимум 2022 года, равный 26 миллионам запросов в секунду.

Главным орудием злоумышленников, используемым для проведения DDoS-атак, являются ботнеты (англ. botnet), представляющие собой сети зараженных хостов под управлением хакеров. Кроме того, ботнеты могут быть мощным средством для распространения вредоносного ПО, способного на кражу конфиденциальных данных и личной информации, финансовые мошенничества и другие киберугрозы.

Особую опасность представляет способность ботнетов к саморепликации. Эта особенность позволяет носителю вредоносного воздействия распространяться в автоматическом режиме, что приводит к неконтролируемым темпам заражения, и, как следствие, росту ботнета [2]. Кроме того, планомерное развитие традиционных методов защиты информации, таких как обфускация, шифрование и другие техники, понижают вероятность обнаружения и деактивации вредоносного кода.

Функционирование ботнета, независимо от строения сети, обеспечивается путем использования коммуникационных протоколов. В одноранговых сетях они служат средством взаимодействия ботов между собой. В двухранговых структурах — обеспечивают связь зараженных хостов с командными серверами. Именно по этой причине анализ коммуникационных протоколов ботнетов становится ключом к пониманию механизмов работы бот-сетей и позволяет обнаружить способы их обезвреживания.

Основным методом анализа протоколов и их содержимого является реверс инжиниринг (от англ. reverse engineering — обратный инжиниринг, также известный, как обратная разработка, обратное проектирование). Это процесс, нацеленный на понимание механизмов поведения и работы ранее созданного процесса, системы или ее части.

Основную сложность для анализа представляют уникальные недокументированные протоколы, документация и спецификация которых, в отличие от протоколов с открытыми стандартами, отсутствует [3]. Это влечет за собой необходимость предварительной обработки экземпляров пакетов изучаемого протокола. Так, для точного определения формата, семантики и поведения сообщений, первоочередным шагом является необходимость идентификации типа сообщения.

Традиционный подход к кластеризации протоколов по типам состоит в ручном анализе образцов экспертами, что является трудоемким и длительным процессом [4]. В случае ботнетов, понимание механизмов их работы, с целью последующей нейтрализации, может быть краткосрочной критической задачей. Именно эта особенность выявила необходимость в поиске другого решения, позволяющего увеличить быстродействие процесса обратной разработки при высоких показателях точности и полноты кластеризации. Для решения этой задачи, была разработана методика, основанная на применении алгоритмов машинного обучения с целью идентификации типов пакетов.

Предложенное решение состоит в следующем: в силу сложности получения размеченных данных, а также ввиду больших ресурсных затрат, необходимых для обучения новых моделей, было решено использовать комбинацию предварительно обученной сверточной нейронной сети (Convolutional neural network — CNN) совместно с глубоким трансферным обучением

(Deep transfer learning — DTL). Выбор пал на сверточную нейросеть не случайно — это один из наиболее эффективных алгоритмов классификации и кластеризации. Однако, в связи с тем, что CNN работает на изображениях, потребовалось внедрить дополнительный этап обработки трафика, состоящий в преобразовании потока данных в изображение. В свою очередь, DTL позволило адаптировать предобученную CNN-модель под задачу извлечения признаков из сетевого трафика.

Оценка результатов однородности, полученных с помощью частного решения, соответствующего предложенной методике, превысила это же значение у существующих аналогов минимум на 47%. Это позволяет сделать вывод о том, что применение грамотно подобранных нейросетевых алгоритмов способно не только повысить эффективность и производительность инструмента реверс инжиниринга протоколов, но и обеспечить лучшие показатели получаемых результатов.

Список используемых источников:

1. Нам больше DDoS станет: как росли число, мощность и длительность атак в 2023 году // Forbes URL: <https://www.forbes.ru/tehnologii/504006-nam-bol-se-ddostanetsa-kak-rosli-cislo-mosnost-i-dlitel-nost-atak-v-2023-godu> (дата обращения: 22.02.2024).
2. Morparia, Jeet, "Peer-to-Peer Botnets: Analysis and Detection" (2008). Master's Projects. 100.
3. Harika, A., Sunil Kumar, M., Anantha Natarajan, V., Kallam, S. (2021). Business Process Reengineering: Issues and Challenges. In: Goyal, D., Chaturvedi, P., Nagar, A.K., Purohit, S. (eds) Proceedings of Second International Conference on Smart Energy and Communication. Algorithms for Intelligent Systems. Springer, Singapore.
4. Meijian Li, Y. Wang, P. Xie and Zhijian Huang, "Reverse analysis of secure communication protocol based on taint analysis," 2014 Communications Security Conference (CSC 2014), Beijing, 2014, pp. 1–8

Анализ автоматизированных систем поддержания лётной годности

Подосенов С.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Феоктистова О.Г.

МГТУ ГА, Москва

Современные воздушные судна являются одними из самых сложных и достаточно требовательных технических средств. Несмотря на то, что в последнее время были достигнуты определенные успехи в области устойчивого функционирования летательных аппаратов, с развитием информационных технологий, появляются новые возможности в сфере обеспечения безопасности полетов.

Безопасность эксплуатации воздушных судов неразрывно связана с необходимостью поддержания и мониторинга летной годности воздушных судов. И для более качественной поддержки летной годности необходимо создавать автоматизированные системы. Данная задача будет актуальна всегда, так как в России на постоянной основе проводится работы по обновлению воздушного законодательства, теории и практики летной годности для воздушных судов.

Поддержание летной годности воздушных судов является дорогостоящим и время затратным процессом. Под этим процессом понимается, совокупность работ или же процедур, которые могут гарантировать, что в любой момент времени эксплуатации воздушного судна, оно будет соответствовать необходимым требованиям летной годности и обеспечивать его безопасную эксплуатацию [1]. Если же воздушное судно соответствует всем нормам летной годности, то оно получает сертификат летной годности. Этот сертификат показывает, что данное воздушное судно соответствует всем требованиям летной годности, которые указаны в приложении № 1 Федеральных авиационных правил (ФАП) [2]. Сертификат выдается не более чем на 2 года, а в процессе использования воздушного судна проводится мониторинг летной годности. Создание автоматизированных систем может значительно сократить временные затраты на обслуживание и ремонт, что положительно сказывается на эффективности работы [3].

Одним из примеров существующих систем, может послужить информационно-аналитическая система мониторинга летной годности воздушных судов (ИАС МЛГ ВС) которая разработана ГосНИИ ГА. Данная автоматизированная система обеспечивает:

- Мониторинг жизненного цикла различных компонентов воздушного судна, оценка полноты.
- Сбор и обработку данных о техническом состоянии воздушного судна в которые входят данные о повреждениях, недостатках в конструкции, которые были получены в ходе выполнения работ по техническому обслуживанию.
- Позволяет осуществлять автоматическую подготовку документации по результатам оценки технического состояния воздушного судна, для последующего принятия решения о допуске к дальнейшей эксплуатации и выдаче сертификата летной годности.

Подобная система существенно облегчает процесс поддержания летной годности, позволяя осуществлять мониторинг информации о компонентах воздушных судов, а также разрешает своевременно проводить корректирующие действия, которые направлены на поддержание летной годности.

Но, как и каждая подобная система, она имеет свои недостатки. В случаях если произойдут более серьезные изменения в принятых на данный момент стандартах, то будет существовать серьезная необходимость в адаптации существующей системы, для соответствия новым требованиям, или же и вовсе создание нового модуля, что может замедлить работу. Так же необходимо обучение персонала, для работы с подобными системами, и адаптация существующего рабочего процесса под новые условия.

Список используемых источников:

1. Руководство ИКАО по летной годности. — Дос. 9760, т. 1 и 2. — ИКАО. — 2022.
2. Федеральные авиационные правила «Экземпляр воздушного судна. Требования и процедуры сертификации», утвержденные приказом Министра транспорта Российской Федерации от 16.05.03 г. № 132 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 6 июня 2003 г., регистрационный № 4653).
3. Сакач Р.В. Использование автоматизированных информационно-управляющих систем для обеспечения безопасности полетов. — М.: МИИ ГА, 1989.

Проблемы импортозамещения программного обеспечения компьютерных лабораторий вуза при подготовке бакалавров направления 09.03.01

«Информатика и вычислительная техника»

Поздышева М.А., Давыдов А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Челпанов А.В.

Ступинский филиал МАИ, Ступино

В современном мире сфера информационных технологий развивается стремительными темпами, и для подготовки квалифицированных специалистов в области информатики и вычислительной техники необходимо обеспечить студентов доступом к современным программным продуктам. Однако из-за различных ограничений на импорт и использование иностранного программного обеспечения возникают проблемы с его достаточностью и актуальностью в компьютерных лабораториях вузов. На текущий момент российский ИТ-рынок покинули иностранные разработчики программного обеспечения. Этот процесс коснулся и сферы образования: образовательные организации высшего образования пополняют реестр ПО отечественными решениями.

В сфере обучения пока что отсутствует единая программа импортозамещения, которая бы учитывала интересы и потребности всех участников и обеспечивала их взаимодействие и контроль. При подготовке бакалавров направления 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» в Ступинском филиале МАИ применяется ОС Astra Linux, в которой представлен свой репозиторий с большей частью необходимого ПО. На рабочих местах студентов и административного персонала было внедрено прикладное программное обеспечение

«МойОфис Стандартный» (лицензия для образовательных организаций, ограничений срока действия).

Тем не менее, в репозитории отсутствуют некоторые необходимые средства (или используется свободно распространяемый зарубежный аналог). В частности, системы для работы с нейронными сетями, совместной разработки, математических расчетов (MATLAB), Google Colab и компиляторы. В репозиторий включен аналог Maple — зарубежная свободная система Maxima, однако в ней недостаточен функционал. Преподаватели и студенты МАИ взаимодействуют на портале lms.mai.ru, разработкой и поддержкой которой занимается управление электронного обучения МАИ. Данная платформа функциональна и интуитивно понятна в освоении, она позволяет слушать лекции онлайн или в записи (BigBlueButton), получать и сдавать задания, участвовать в семинарах.

Помимо отсутствия или недостаточного уровня разработки существует проблема актуализации знаний. Недостаток квалифицированных кадров для разработки и поддержки отечественного программного обеспечения и технологий приводит к необходимости увеличить объемы часов на обучение преподавателей и студентов в вузах. Для качественного обучения нужны квалифицированные преподаватели, способные дать эти знания и навыки. Положительная динамика при импортозамещении возможна при повышении квалификации и мотивации преподавателей и студентов, создание условий для сотрудничества между вузами, ИТ-компаниями и государством, стимулирование спроса на отечественное ПО, развитие научно-технического потенциала и производственной базы.

Проблема импортозамещения программного обеспечения в компьютерных лабораториях вуза при подготовке бакалавров по направлению 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» представляет собой серьезный вызов для образовательных учреждений. Однако, существуют различные пути решения этой проблемы, такие как локализация и развитие собственных разработок, которые позволяют обеспечить студентов качественным и актуальным программным обеспечением для успешного освоения профессиональных навыков в области информатики и вычислительной техники.

Список используемых источников:

1. Официальный сайт Минобрнауки России [Электронный ресурс] — URL: <https://minobrnauki.gov.ru/importozameshcheniye/> (дата обращения: 25.02.2024).

2. Каталог Совместимости Российского Программного Обеспечения [Электронный ресурс] — URL: <https://catalog.arppsoft.ru/> (дата обращения: 27.02.2024).

3. COMNEWS статья «ГК «Астра» собрала репозиторий ПО для вузов и школ» [Электронный ресурс] — URL: <https://www.comnews.ru/content/226512/2023-06-01/2023-w22/gk-astro-sobrala-repozitorii-dlya-vuzov-i-shkol> (дата обращения: 09.02.2024).

Синтезирование обучающих данных для задачи детектирования объектов посредством нейросетей скрытой диффузии

Прибытков К.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Максимов Н.А.

МАИ, Москва

Для качественного обучения нейросетей под конкретные задачи требуются большие наборы данных. Готовые наборы данных в открытых источниках могут быть нерепрезентативны, неравномерно распределены по классам, неправильно размечены, либо вовсе не подходят под требуемые задачи, а процесс поиска данных и их дальнейшая разметка требуют значительных ресурсов, которые не всегда доступны заинтересованным лицам. Проблема нехватки данных решалась следующими способами:

- Посредством использования аугментаций к данным из текущей выборки. Однако недостатком данного подхода является однотипность получаемых изображений;

- Использованием transfer learning. Данный подход не решает проблему нехватки данных, а лишь дает возможность обучить нейросеть с предобученными весами на малом количестве данных;

- Разметкой непосредственно нейросетью. Однако такой подход не может значительно увеличить качество работы нейросети;

- Синтезирование изображений при помощи программ 3D-моделирования с возможностью рендеринга, однако такой подход подразумевает большие затраты ресурсов.

Самым эффективным способом среди перечисленных в условиях отсутствия данных или их недостаточного количества является синтезирование данных, так как предоставляет возможность создавать качественные, не однотипные изображения. Благодаря нейросетям скрытой диффузии в настоящее время появилась возможность синтезировать реалистичные изображения посредством нейросетей, именно возможность их применения для данной задачи рассмотрена в рамках данной работы.

В ходе данной работы разработан алгоритм синтеза данных для задачи детектирования объектов на основе нейросетей скрытой диффузии. Применяв разработанный алгоритм, на основе небольшого набора данных путем синтеза изображений сформирован обучающий набор данных. Определена нейросеть, наиболее подходящая для данной задачи — это Stable Diffusion XL. Проведены эксперименты по детектированию объектов на реальных данных нейросетью YOLOv5, обученной на синтезированных данных, также оценено качество распознавания. Исследование показывает, что данные, синтезированные посредством нейросетей скрытой диффузии, пригодны для обучения на них нейронных сетей и дальнейшего использования на реальных данных.

Лабораторный стенд на базе робота-манипулятора

Пришляк А.Д.

Научный руководитель — Лельков К.С.

МАИ, Москва

В целях развития лабораторной базы кафедры 305 МАИ разрабатывается лабораторный стенд для обучения студентов основам построения алгоритмов автоматического управления и искусственного интеллекта.

Стенд включает в себя рабочее поле с четырёхзвенным манипулятором с контроллером Arduino, камеру-наблюдатель за рабочей зоной манипулятора, ноутбук с установленным программным обеспечением для управления манипулятором с функциями сервера.

В процессе разработки стенда была модернизирована конструкция манипулятора (поставлены сервомоторы, обеспечивающие требуемые подъёмные нагрузки, разработан новый захват с применением 3д печати), сформирована концепция двух лабораторных работ, создан графический интерфейс управления манипулятором. Разработан сервер, который представляет собой совокупность микросервисов взаимодействующих друг с другом по протоколу GRPC, что обеспечивает модульность и вариативность взаимодействий со стендом, а также позволяет применять данный сервер для разработки других лабораторных стендов. Сервер будет выполнять роль организации запуска решений каждой бригады студентов и моментальную их проверку.

Разработаны методические пособия для двух лабораторных работ. Проведение первых занятий запланировано на май 2024 года. В процессе выполнения лабораторных работ студенты будут решать задачи обратной кинематики, построения алгоритмов автоматического управления, обработки изображений, управления манипулятором. Данная лабораторная работа позволит студентам лучше усвоить взаимодействие с системами управления.

Разработка игры в среде Unity с использованием языка программирования C#

Пятав Н.А., Казначевский В.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Челпанов А.В.

Ступинский филиал МАИ, Ступино

Пошаговые стратегии интересуют меня с детства. В то время были популярны игры наших соотечественников, такие как «Kings Bounty» и «Heroes of Might and Magic V» от 1C и Nival Interactive соответственно. Эти игры вдохновляли пытаться придумать свою стратегию,

использующую классическую шахматную доску, но построенную по другим правилам. На данный момент, приобретя опыт работы с разными языками программирования в ходе обучения и разработав несколько игр на практиках, я готов попробовать создать свою полноценную пошаговую стратегию.

Данный жанр предполагает работу со сложными структурами и требует математическое взаимодействие между игровыми объектами. Игровые объекты, такие как поле и юниты, будут представлять из себя большие по количеству полей классы. Поле должно быть графом. У юнитов будут различные характеристики (здоровье, область атаки, количество клеток перемещения).

Платформа, на которой разрабатывается игровое приложение, имеет значение. Выбор языка разработки и движка не вызвал затруднений. Скрипты на этой платформе пишутся на языке программирования C#. Практика в среде разработки игр Unity способствовала приобретению ценного опыта. Я работал над играми в жанре кликер и 3 в ряд. Упор в разработке этой игры планируется сделать на скрипты и написание логики. Остальные важные части игры: текстуры, модели юнитов, музыкальное сопровождение и анимации будут взяты на сайтах, предоставляющих бесплатные материалы, не требующие обладания авторскими правами, или созданы с помощью соавтора.

Данное приложение будет представлять собой карту с различными клетками рельефа. Края карты будут занимать основные здания для найма юнитов. Каждому из игроков вначале будет принадлежать одно такое здание и несколько строений, приносящих доход для найма юнитов. Также на карте будут находиться и нейтральные здания, позволяющие при захвате улучшить финансовое положение игрока, который их захватит. Юниты разных игроков будут взаимодействовать так, что какие-то будут более эффективны против других, представляя собой замкнутую систему, похожую на камень → ножницы → бумага → камень. Задача игрока — победить все юниты противника и захватить все здания, где можно нанимать юнитов.

В итоге игра будет представлять собой классическую пошаговую стратегию, в которой будут реализованы битвы между игроками на одном устройстве со своими необычными механиками.

Список используемых источников:

1. Unity в действии. Мультиплатформенная разработка на C#. — М.: Питер, 2018. — 608 с.
2. Хорхе, Паласиос Unity 5.x. Программирование искусственного интеллекта в играх. Руководство / Паласиос Хорхе. — М.: ДМК Пресс, 2017. — 427 с.

Моделирование и разработка программного инструментария для вычисления представлений числовых величин в различных системах счисления

Сорокин И.Н.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Нагибин С.Я.

МАИ, Москва

Во всех сферах жизни счёт является немаловажным вопросом. В течение истории человечества, понятия числа и счёта изменялось и эволюционировало.

Позиционные системы счисления являются наиболее распространёнными и представляют широкий интерес всем сферам общества. Однако, хоть десятичная и двоичная системы счисления и используются наиболее часто, это не означает, что они являются наиболее эффективными для всех задач.

Система остаточных классов представляет большой интерес. Представления чисел в ней основано на понятии сравнений чисел по модулю, а также китайской теореме об остатках. В системе остаточных классов арифметические операции выполняются покомпонентно, при выполнении некоторых условий, что даёт определённые преимущества:

простота контроля за ошибками за счёт введения дополнительных избыточных модулей;

высокая скорость работы за счёт параллельной реализации базовых арифметических операций;

информационная безопасность.

Также выделены существенные недостатки:

отсутствие эффективных алгоритмов для сравнения чисел;

медленные алгоритмы взаимного преобразования представления чисел из позиционной системы счисления в систему остаточных классов и обратно;

сложные алгоритмы деления, в случае, когда результат не является целым;

трудность в обнаружении переполнения.

Благодаря своим преимуществам система остаточных классов является оптимальным вариантом для проведения вычислений над длинными числами, что делает её идеальной для вычислительных задач, в которых числа на много порядков превышают максимум типового компьютерного диапазона стандартной вычислительной техники.

Разработка программного инструментария для взаимной работы и вычисления представлений чисел в различных системах счисления может помочь максимально эффективно распределять ресурсы при решении задач разного рода.

Список используемых источников:

1. Инютин, С. А. «Общий подход к описанию компьютерных систем счисления». // Информационные технологии п4 Том. 28 (2022) — с. 178–184.

2. Инютин, С. А. «Комплексирование систем счисления для многоразрядных вычислительных процессов». // Информационные технологии 26.12 (2018): 343.

3. Федотов В.П. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЧИСЛОВОЙ ИНФОРМАЦИИ — 1 // Sciences of Europe. 2022. №100.

Анализ эффективности бинарных сбалансированных деревьев поиска в задаче упаковки в контейнеры

Стрыгин Д.Д.

Научный руководитель — доцент, д.ф.-м.н. Лемтюжникова Д.В.

ИПУ РАН, Москва

Задача упаковки в контейнеры (bin-packing problem, BPP) принадлежит области дискретной оптимизации. Она заключается в размещении объектов различных размеров в неограниченное конечное число контейнеров с заданной вместимостью таким образом, чтобы число используемых контейнеров было минимальным.

Классическая постановка задачи об упаковке в контейнеры впервые сформулирована в работе [1], где помимо постановки исследуются различные стратегии и методы, используемые в алгоритмах для выделения и освобождения памяти в компьютерных системах, а также оценивается их эффективность в самых неблагоприятных условиях.

BPP является NP-трудной задачей, потому нахождение точного решения за полиномиальное время в общем случае считается невозможным. В связи с этим в данной задаче применяются эвристические алгоритмы, которые находят приближенный оптимум. Наиболее используемыми на практике эвристиками являются жадные алгоритмы. Среди них можно выделить FFD (first-fit decreasing) и BFD (best-fit decreasing). Данные алгоритмы имеют асимптотическую сложность $O(n^2)$, однако могут быть ускорены с помощью сбалансированных деревьев поиска до временной оценки в $O(n \cdot \log 2n)$.

С целью определения наиболее выигрышной структуры сбалансированного дерева поиска в докладе проведен эксперимент, заключающийся в сравнении затрачиваемого времени на разных наборах данных различных модифицированных деревьев. Оценка по времени работы алгоритма производится от начала и вплоть до получения конечного результата.

В качестве исследуемых структур данных была выбрана наиболее известная и применяемая структура сбалансированных деревьев поиска — AVL-дерево. Для алгоритма BFD структура использовалась в классическом виде. Для FFD применяются модификации.

Структура используемого дерева для алгоритма BFD имеют следующие общие свойства:

- Каждый узел дерева для алгоритма BFD является контейнером
- Каждый узел дерева хранит число, обозначающее оставшееся свободное место в контейнере
- После полного заполнения узла в дереве (т.е. свободное место узла равно 0), он удаляется
- После обновления значения оставшегося места в узле, он удаляется и вставляется в дерево заново при наличии свободного места с перебалансировкой дерева при нарушении условий баланса после каждой из операций

Для Алгоритма FFD используются две различные модифицированные структуры деревьев AVL и декартово дерево в его классическом виде. Первая модификация была опубликована в исследовании ученых из Китая. Во второй модификации в узле хранится следующая информация:

- Номер используемого контейнера
- Оставшееся место в используемом контейнере
- Ссылка на наименьший по номеру контейнер правого поддерева
- Наибольшее свободное место среди узлов правого поддерева

Данная структура является сбалансированным деревом поиска по оставшемуся свободному месту используемых контейнеров. Контейнер для вставки определяется по следующему алгоритму:

- Поиск подходящего контейнера начинается с корневого узла.
- Если текущий узел позволяет вставку, то ссылка на него сохраняется в отдельную переменную. Далее спуск в левый дочерний узел.
- Если вставка в текущий узел невозможна при позволяющем максимальном свободном месте, спуск в правое поддерево с повторением предыдущих шагов, иначе вставка происходит в контейнер по ссылке. Если ссылка в случае вставки в неё не ведет в узел — это означает, что подходящего для вставки открытого контейнера нет.
- Если подходящий контейнер не был найден, то новый узел (контейнер) вставляется в дерево с оставшимся местом после вычета вставляемого элемента по правилам бинарного дерева поиска с обновлением наименьшей заполненности, наименьшего номера и ссылки при необходимости. При нарушении баланса после каждой из операций производится перебалансировка.

Из полученных результатов можно сделать вывод, что наиболее быстрыми структурами данных для исследуемых алгоритмов на классических наборах данных являются AVL для BFD и AVLFFD2 (2-ая модификация) для FFD, однако в частных случаях декартово дерево демонстрирует большую эффективность для FFD, так как не пытается сбалансировать путь до нужного алгоритму контейнера.

Список используемых источников:

1. Garey M. R., Graham R. L., Ullman J. D. Worst-case analysis of memory allocation algorithms // *Proceedings of the fourth annual ACM symposium on Theory of computing.* — New York: Association for Computing Machinery, 1972. P. 143–150. doi: 10.1145/800152.804907.
2. Ram B. The pallet loading problem: A survey // *International Journal of Production Economics*, 1992. Vol. 28. No. 2. P. 217–225. doi: 10.1016/0925-5273(92)90034-5.
3. Christensen H. I., Khan A., Pokutta S., Tetali P. Multidimensional bin packing and other related problems: A survey // *Computer Science Review.* — Elsevier BV, 2016. Vol. 24. 34 p. doi: 10.1016/j.cosrev.2016.12.001.
4. Christensen H. I., Khan A., Pokutta S., Tetali P. Multidimensional bin packing and other related problems: A survey // *Computer Science Review.* — Elsevier BV, 2016. Vol. 24. 34 p. doi: 10.1016/j.cosrev.2016.12.001.

Использование LLM для генерации тест кейсов по HTML коду

Титсев А.М.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Лукин В.Н.

МАИ, Москва

В настоящее время написание и проверка кода в соответствии с установленными стандартами представляют собой сложную и трудоемкую задачу. Однако развитие машинного обучения и, в частности, больших языковых моделей (LLM), позволяет решить эту проблему. LLM представляют собой нейронную сеть, успешно обрабатывающую и генерирующую текст, который человек воспринимает как корректный. Они обучаются на больших объемах данных и способны «понимать» контекст и логику языка. Благодаря возможности обучения на новых данных, уже обученные на естественном языке LLM могут получить дополнительные знания и возможности в области HTML кода [1], что делает их особенно ценными для генерации тестовых кейсов для веб-сайтов, а также даёт возможность для их дальнейшего развития в соответствии с требованиями и стандартами.

Использование LLM для генерации тестовых кейсов на основе обширного опыта и знаний ведет к повышению их качества. Это может включать более точные и тщательные проверки, а также обнаружение ошибок, которые могли бы быть пропущены при ручной проверке [2]. Таким образом, LLM модели могут быть эффективно использованы для создания тестовых e2e(end-to-end) сценариев и генерации тестового кода для этих сценариев, например с использованием тестового фреймворка playwright.

Тем не менее, при использовании сгенерированного кода, возникают некоторые проблемы, связанные с его пониманием и поддержкой в процессе дальнейшего развития веб-сайта. Для решения этой проблемы можно применить язык Gherkin, который позволяет автоматически генерировать код и тестовые сценарии. Каждый шаг тестового сценария имеет свое определение, представляющее класс, связанный с файлом шагов и содержащий методы, созданные в рамках модели объектов страницы (POM). POM представляет собой структурированный подход к организации проекта, при котором каждая страница приложения имеет свой собственный класс.

Таким образом, будут сгенерированы тестовые сценарии с использованием LLM, что позволит сократить человеческие ресурсы, затрачиваемые на написания тестов. При этом, благодаря выбранному подходу с использованием POM элементов и языка Gherkin данные тесты могут быть поняты и проверены на корректность человеком, с возможностью их дальнейшей поддержки.

Список используемых источников:

1. Izzeddin Gur, Ofir Nachum, Yingjie Miao, Mustafa Safdari, Austin Huang, Aakanksha Chowdhery, Sharan Narang, Noah Fiedel, Aleksandra Faust. Understanding HTML with Large Language Models — 2023 [Электронный ресурс] URL: <https://arxiv.org/abs/2210.03945>

2. Jie M. Zhang, Dionny Santiago, Mark Harman, Lei Ma, Yang Liu, Wendy Chin, Ram Shanmugam. Machine Learning Testing: Survey, Landscapes and Horizons — 2019 [Электронный ресурс] URL: <https://arxiv.org/abs/1906.10742>

Разработка инструментов для импорта и обработки данных из файлов формата STEP в программные объекты

Трофимова Е.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Цырков Г.А.

МАИ, Москва

Разработка инструментов для импорта и обработки данных из файлов формата STEP в программные объекты является фундаментальным аспектом в сфере инженерного программирования, обеспечивая эффективный обмен данными между различными CAD системами. Процесс начинается с понимания структуры и особенностей формата STEP, который служит универсальным средством для представления информации о продуктах в инженерии и производстве.

Основываясь на этом, ключевым моментом является разработка методик парсинга и интерпретации данных, извлекаемых из STEP-файлов. Это включает в себя обработку атрибутов и экземпляров сущностей, что требует точного анализа и преобразования строковых данных в соответствующие программные структуры. Важным аспектом здесь является умение корректно обрабатывать текстовые значения, заключенные в апострофы, и управлять разделителями, что позволяет точно воссоздать сложные геометрические и структурные отношения объектов.

Дальнейшие шаги включают в себя чтение данных из файла и их организацию в удобной для работы форме, например, в виде словаря экземпляров сущностей. Это обеспечивает эффективный доступ и управление информацией, что критически важно для дальнейшей обработки и анализа.

Управление исключениями при чтении и обработке файлов обеспечивает надежность и устойчивость работы инструментов. Процесс требует внимательного отношения к потенциальным ошибкам и исключительным ситуациям, что позволяет гарантировать корректность обработки данных в различных сценариях.

Применение полученных данных для решения инженерных задач, включая валидацию, просмотр, и дальнейшую обработку, демонстрирует практическую значимость этих инструментов. Они играют ключевую роль в оптимизации проектирования и производства, обеспечивая экономии времени и ресурсов.

Вызовы, связанные с обработкой файлов STEP, такие как разнообразие структур данных и форматов, требуют разработки гибких и мощных решений. Важно также уделять внимание оптимизации производительности и управлению ресурсами, особенно при работе с большими объемами данных.

Таким образом, разработка инструментов для работы с данными формата STEP представляет собой сложную, но чрезвычайно важную задачу, решение которой способствует повышению эффективности и производительности в инженерной сфере.

Список используемых источников:

1. Импорт геометрической информации в формате Step (studentopedia.ru). [Электронный ресурс] URL: <https://studentopedia.ru/tovarovvedenie/import-geometricheskoj-informacii-v-formate-step---razrabotka-maticheskoj-modeli.html> (дата обращения: 10.02.2024)

2. Анализ формата передачи данных step (cyberleninka.ru) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-formata-peredachi-dannyh-step/viewer> (дата обращения: 11.02.2024)

3. Импорт-экспорт данных в САПР КОМПАС-3D — Чертежи, 3D Модели, Проекты, Статьи (vmasshtabe.ru) [Электронный ресурс] URL: <https://vmasshtabe.ru/articles/import-eksport-dannyih-v-sapr-kompas-3d.html?ysclid=lsuy84hrz133927894> (дата обращения: 11.02.2024)

Генерация трёхмерных моделей местности на основе одиночных спутниковых снимков

Усенко Д.Е., Кильчуков Т.А., Таниошкин М.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Максимов Н.А.

МАИ, Москва

В последние годы работа со спутниковыми снимками стала неотъемлемой частью многих областей научных исследований, градостроительного планирования и экологического мониторинга. Однако одним из ключевых ограничений является сложность преобразования двумерных снимков в трехмерные модели местности, что необходимо для более глубокого понимания и анализа ландшафта. В нашей работе представлена система, которая автоматизирует процесс генерации трехмерных моделей местности из одиночных спутниковых снимков.

Система базируется на применении архитектуры Dense Prediction Transformer (DPT) для точного предсказания карты высот каждой точки изображения. Параллельно, используя

модель YOLOv8, происходит выделение и сегментация зданий на снимке, что дает возможность получить точные контуры объектов.

Для визуализации зданий в трехмерном пространстве применяются методы аппроксимации контуров, что позволяет достигнуть высокой точности в воспроизведении форм зданий. На основе карты высот и аппроксимированных контуров строятся цилиндриды зданий и объектов, которые в совокупности формируют детализированную трехмерную модель местности.

Результаты работы системы демонстрируют значительное улучшение качества и точности трехмерных моделей местности в сравнении с альтернативными подходами. Модели могут быть использованы для различных целей, включая градостроительное планирование, архитектурное моделирование, создание виртуальных туров и визуализацию изменений ландшафта во времени. Также, данный подход открывает новые перспективы для улучшения систем автоматического распознавания и анализа местности, способствуя более эффективному исследованию и управлению природными и городскими ресурсами.

В заключение, предложенный подход представляет собой значительный шаг вперед в области обработки спутниковых снимков и генерации трехмерных моделей местности. Благодаря интеграции передовых технологий машинного обучения и компьютерного зрения, достигается высокая точность и детализация в трехмерной визуализации.

Список используемых источников:

1. Ren, S., He, K., Girshick, R., Sun, J. Vision Transformers for Dense Prediction [Электронный ресурс] // arXiv preprint arXiv:2103.13413. — 2021. — Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2103.13413>. — Дата доступа: [27.02.2024].

2. Zhang, Z.; Xiao, P. Implicit Regularization for Reconstructing 3D Building Rooftop Models Using Airborne LiDAR Data // Sensors. — 2017. — Vol. 17, No. 3. — 621. — DOI:10.3390/s17030621.

Анализ техник обхода межсетевых экранов веб-приложений

Хакимов Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Карпучин Е.О.

МАИ, Москва

WAF как средство защиты веб-приложений на текущий момент времени включает в себя ряд методов детектирования вредоносных нагрузок в HTTP-запросах: правила на основе регулярных выражений, поведенческий анализ, репутационный анализ, токенайзеры, а также машинное обучение.

Вместе с тем, для каждого метода детектирования возможно сформировать запрос, вредоносный код в полезной нагрузке которого не будет обнаружен WAF.

Правила на основе регулярных выражений являются наиболее ранним и наиболее широко используемым методом детектирования [1]. Следует выделить обратное использование правил и обфускацию как основные категории, включающие в себя техники обхода. В рамках первой категории формирование вредоносной нагрузки происходит в обход фильтра ключевых слов в правилах, подразумевающего блокировку запроса с определёнными словами, например, операторами SQL AND, UNION, OR, SELECT.

В данном случае может осуществляться либо нормализация запроса, либо удаление ключевого слова. В первом случае конструкция «/?id=1/*union*/union/*select*/select+1,2,3/*» будет нормализована до «index.php?id=1/*uni X on*/union/*sel X ect*/select+1,2,3/*» в случае наличия соответствующей уязвимости WAF, что позволит применить необработанные операторы SQL [2]. Во втором случае при обработке конструкции «selSELECTect» WAF удалит ключевое слово, оставив оператор SELECT, что также позволит реализовать SQL-инъекцию.

Обфускация запроса подразумевает применение техник смены регистра, кодирования (например, URL кодирования или UTF-8, а также HTML кодирования), комментирования частей запроса, добавления символов подстановки или специальных символов [3]. Данные

техники позволяют скрыть вредоносную нагрузку от детектирования WAF, и сама нагрузка при этом может быть интерпретирована сервером веб-приложения.

Таким образом, злоумышленник, в зависимости от уязвимости веб-приложения и правил обнаружения WAF, может модифицировать вредоносные запросы и осуществлять выполнение произвольного кода на стороне серверов веб-приложения.

Список используемых источников:

1. Мельников В.Г., Трифанов А.В. Методы обхода межсетевых экранов для приложений // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. Том 9, №2, Новосибирск, 2017. С. 113-117. ISSN: 2618-981X
2. SQL Injection Bypassing WAF // OWASP [Электронный ресурс]. URL: https://owasp.org/www-community/attacks/SQL_Injection_Bypassing_WAF#
3. Positive Research 2015 // Positive Technologies [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ptsecurity.com/upload/corporate/ru-ru/analytics/PT-Positive-Research-2015-rus.pdf>

Создание ансамблей моделей работающих по принципу метода эволюционного согласования решений

Харченко Б.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Протасов В.И.

МАИ, Москва

Введение:

В современном мире искусственный интеллект, и в частности нейронные сети, играют все более важную роль. Нейронные сети уже сейчас используются в самых разных областях, от медицины до финансов. Однако, несмотря на значительные успехи, точность и надежность решений, генерируемых одиночными нейронными сетями, в критических областях иногда оказывается недостаточной.

Актуальность:

В ряде случаев, например, при распознавании объектов в системах «свой-чужой», при диагностике заболеваний по медицинским снимкам или при анализе данных в критически важных промышленных системах, ошибочные решения нейронных сетей могут иметь серьезные последствия. Поэтому разработка методов повышения точности и надежности нейронных сетей в таких областях является актуальной задачей.

Цель:

Целью данной работы является разработка метода для снижения ошибочного распознавания с помощью ансамблей нейронных сетей для распознавания изображений в критических областях с малыми величинами ошибочных решений.

Методы:

Для достижения поставленной цели был разработан ансамбль из 9 модифицированных сверточных нейронных сетей, работающих по принципу эволюционного согласования решений. Обучение нейронных сетей проводилось на непересекающихся наборах данных с добавлением обобщенных образов. Для генерации сложных случаев была использована генеративно-состязательная нейронная сеть.

Результаты:

Тестирование ансамбля на тестовом наборе MNIST показало, что его точность составляет ~99.0%, что на ~2% выше, чем точность одиночной нейронной сети. При тестировании на сгенерированном наборе данных точность ансамбля составила ~84%, что на 17% выше, чем точность одиночной сети. В 14% случаев ансамбль ответил «НЕ ЗНАЮ».

Преимущества:

Повышение прозрачности работы системы означает, что каждый этап принятия решения становится более понятным и доступным для анализа. Это критически важно для сфер, где требуется высокая степень доверия и возможность верификации процессов, таких как медицина, финансы и правоохранительная система. Прозрачность способствует не только

доверию пользователей и заинтересованных сторон, но и упрощает диагностику и исправление ошибок в работе системы.

Понимание причин вынесения решений предоставляет возможность не только видеть, какое решение было принято, но и почему именно оно было выбрано. Это особенно важно в условиях, когда решение системы может иметь значительные последствия, позволяя пользователям и разработчикам системы адаптироваться и реагировать на потенциальные недочеты в процессе принятия решений.

Возможность оценки работы каждого актора в системе дает понимание вклада каждого элемента в итоговое решение. Это способствует оптимизации процессов, выявлению и устранению слабых звеньев, а также стимулирует дальнейшее совершенствование каждого компонента системы.

Перспективы:

Разработка ансамблей нейронных сетей для других задач распознавания в критических областях открывает дорогу для улучшения качества решений в таких сферах, как медицинская диагностика, безопасность и управление рисками. Использование ансамблей нейронных сетей может значительно повысить точность и надежность систем распознавания, что критически важно для принятия весомых решений.

Использование метода эволюционного согласования в других системах коллективного интеллекта предлагает новый подход к управлению и оптимизации сложных систем, где важно согласование мнений и действий различных агентов. Этот метод может найти применение в разработке робототехнических систем, управлении трафиком и во многих других областях, где требуется высокая степень координации действий.

Выводы:

Исследование демонстрирует, что применение ансамблей нейронных сетей, работающих на основе метода эволюционного согласования, ведет к существенному улучшению качества решений в системах искусственного интеллекта. Такой подход позволяет не только увеличить вероятность правильного распознавания изображений, но и существенно уменьшить вероятность ошибочных решений. Это открывает широкие перспективы для использования данных технологий в критически важных областях, где требования к точности и надежности систем особенно высоки. Ансамбли нейронных сетей могут играть ключевую роль в повышении эффективности и безопасности медицинских исследований, управления рисками, а также в разработке систем принятия решений для критической инфраструктуры.

Список используемых источников:

1. Протасов В.И., Мирахмедов Р.О., Потапова З. Е., Шарнин М.М., Шаронов А.В. Уменьшение ошибок первого рода при распознавании контуров самолетов с использованием коллективного интеллекта БПЛА // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2018. № 6-3. С. 70–82.
2. MNIST Handwritten Digit Database [Электронный ресурс] // Yann LeCun's website. URL: <http://yann.lecun.com/exdb/mnist/> (дата обращения: 25.01.2024).
3. Baharad E. Beyond Condorcet: Optimal aggregation rules using voting records // Theory and Decision. 2012. Т. 72. № 1. С. 113-130.
4. Елизарова М.И., Уразова К.М., Ермашов С.Н., Пронькин Н.Н. Искусственный интеллект в медицине // Компьютерные и информационные науки. International Journal of Professional Science. 2021. № 5. С. 82-83.

Применение алгоритма Хафа для выявления не прямых полос движения на дорожной разметке

Хахин М.С.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Алексейчук А.С.

МАИ, Москва

В области компьютерного зрения анализ движения объектов на изображениях и видеопотоках играет важную роль во множестве приложений, начиная от видеонаблюдения и автомобильной безопасности и заканчивая робототехникой. Одной из важных задач в этой

области является выявление полосы движения, обозначенной дорожной разметкой, что позволяет отслеживать траекторию и направление движения транспортного средства, а также принимать решения в реальном времени.

Распознавание полосы движения имеет особую важность в контексте автомобильной безопасности, где системы помощи водителю и системы автопилотирования основаны на анализе движения объектов на дороге. Это также имеет применение в робототехнике, где роботы должны уметь надежно взаимодействовать с окружающей средой, предсказывать движение объектов и избегать столкновений.

Рассмотрим постановку задачи. В задачу входит анализ алгоритма Хафа и усовершенствование его для решения нелинейных задач, так как изначально алгоритм способен идентифицировать только прямые на изображениях.

Для реализации поиска непрямых полос движения, следует переопределить концепцию алгоритма Хафа, где параметрическое пространство алгоритма Хафа включает в себя пространство полинома первой степени, на параметрическое пространство полинома второй степени.

В работе реализован полноценный алгоритм для поиска полос движения на дорожной разметке, который включает в себя первоначальную обработку изображения с использованием алгоритма для калибровки камеры и коррекции искажений, вторичную обработку изображения с использованием алгоритма для оптимального определения границ Кэнни и поиск и нанесение полос движения с помощью алгоритма Хафа. Преимущество данного подхода в том, что алгоритм за доли секунды готов обработать изображение и при обработке изображений идет обработка аномалий и зашумлений, что позволяет даже при сильно зашумленных данных эффективно и быстро найти полосу движения.

В результате исследования был успешно применен алгоритм Хафа для выявления не прямых полос движения на дорожной разметке, на основе которого можно сделать виртуального помощника водителю или встроить этот алгоритм в полноценный автопилот.

Список используемых источников:

1. Hough V, Paul C. Method and means for recognizing complex patterns. Assigner to the United States of America as represented by the United States Atomic Energy Commission Filed Mar. 25, 1960, Ser. No. 17,715 6 Claims. (Cl. S40-146.3)
2. Jamal Raiyn, Tomer Toledo. Real-Time Road Traffic Anomaly Detection. Journal of Transportation Technologies, Vol.4 No.3, July 2014
3. Takialddin Al Smadi. Real-Time Lane Detection for Driver Assistance System. Circuits and Systems, Vol.5 No.8, August 2014

Методы обнаружения объектов на изображениях в нейросетевых алгоритмах

Хрулев П.А.

ФАУ «ГосНИИАС», Москва

Сегодня обнаружение объектов является основой программного обеспечения, основанного на компьютерном зрении. Обнаружение объектов широко используется в сфере безопасности, строительства, транспорта, медицины, военной техники.

Современные методы можно разделить на два основных типа: одноэтапные методы и двухэтапные методы. В одноэтапных методах приоритет отдается скорости вывода (примеры моделей: YOLO, SSD и RetinaNet). В двухэтапных методах приоритет отдается точности обнаружения (примеры моделей: Faster R-CNN, Mask R-CNN и Cascade R-CNN).

Обнаружение объектов можно разделить на несколько частей: первичное детектирование, изменение размера ограничивающих рамок для наилучшего соответствия искомому объекту, отсев рамок с недостаточной вероятностью обнаружения, обработка пересекающихся рамок.

Наиболее популярные семейства алгоритмов, используемые для обнаружения объектов: R-CNN (Region-Based Convolutional Neural Networks) и YOLO (You Only Look Once). Одним из ключевых отличий между данными семействами являются разные подходы к предварительному детектированию. Модели семейства R-CNN применяются к изображению в нескольких местах и масштабах, введенное изображение сначала делится приблизительно

на две тысячи участков регионов, а затем для каждого региона применяется сверточная нейронная сеть соответственно. Области изображения с высокими оценками считаются обнаружениями. YOLO использует другой подход — алгоритм применяется к полному изображению, сеть делит изображение на регионы и прогнозирует ограничивающие рамки и вероятности для каждого региона, далее эти ограничивающие рамки взвешиваются по предсказанным вероятностям.

Отсев областей с недостаточной вероятностью обнаружения, производится по порогу достоверности. Области с показателем достоверности ниже порога игнорируются. Эти области не отображаются при обработке алгоритмом распознавания и не влияют на показатели модели.

Обработка пересекающихся рамок (в литературе Non Maximum Suppression (NMS)) — расчёт происходит по алгоритму пересечение через объединение (IoU), также называемая индексом Жаккара, представляет собой метод, обычно используемый для количественной оценки процентного перекрытия между основной истинной ограничивающей рамкой и прогнозируемым рамкой. Однако в NMS вместо этого мы находим IoU между двумя ограничивающими рамками прогнозов. NMS математически можно представить следующим выражением: $(NMS) = (Рамка1 \cap Рамка2) / (Рамка1 \cup Рамка2)$. Пороговое значение можно задать как константу и динамически вычисляемое значение, зависящие от вероятности обнаружения объекта.

Изменение размера ограничивающих рамок для наилучшего соответствия искомому объекту — алгоритм изменяет размеры рамки до тех пор, пока вероятность обнаружения, а в ряде алгоритмов и иные параметры (например — достижение минимальной охватывающей объект рамки, путём отсечения тени объекта) не достигнет максимума или порогового значения.

На данный момент причисленные выше алгоритмы используются и являются актуальными, и приоритет отдаётся в зависимости от задачи и средств, имеющихся в распоряжении.

Список используемых источников:

1. Non Maximum Suppression: Theory and Implementation in PyTorch: URL: <https://learnopencv.com/non-maximum-suppression-theory-and-implementation-in-pytorch/>
2. Deep Learning Object Detection Use Cases and Applications: URL: <https://viso.ai/deep-learning/object-detection/>
3. Visual Ranging Based on Object Detection Bounding Box Optimization // Advances and Applications of Digital Image Processing and Deep Learning. Appl. Sci. 2023, 13(19).

Повышение уровня информационной безопасности в беспроводных корпоративных сетях

Чижик А.П., Раменский В.Л., Канунников Е.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Горожеев М.Ю.

МАИ, Москва

На сегодняшний день ключевой проблемой функционирования промышленных сетей является обеспечение их информационной безопасности, поскольку существующие технологии имеют ряд уязвимостей. Передаваемые по средствам радиоволн данные могут быть перехвачены или подвержены атакам злоумышленников, находящихся в географическом радиусе действия беспроводной сети. Сбой работы одного или ряда датчиков, подключённых к промышленной сети, может привести к многомиллионным потерям средств и простою работы критически важной инфраструктуры организации.

Для лучшего понимания вопроса все существующие уязвимости беспроводных сетей стоит систематизировать по видам угроз.

Угроза нарушения конфиденциальности

- Несанкционированный доступ к информационной системе
- Выполнение пользователем несанкционированных действий

- Перехват данных, передаваемых по каналам связи

Потенциальная возможность или ситуация, которая может привести к разглашению или неправомерному доступу к конфиденциальной информации. Конфиденциальная информация может включать персональные данные, коммерческую информацию, медицинские записи или любую другую информацию, которая должна быть защищена от несанкционированного доступа.

Угроза нарушения целостности

- Нарушение целостности программ и внедрение вредоносного кода
- Подмена данных (Man-in-the-middle)
- Атака подмены точки доступа
- Атака маршрутизации
- Заражение вирусами

Реализуется при несанкционированном изменении информации, хранящейся в информационной системе или передаваемой из одной системы в другую. Целостность также будет нарушена, если к несанкционированному изменению приводит случайная ошибка программного или аппаратного обеспечения.

Угроза нарушения доступности

- Отказ в обслуживании (DoS)
- Мешкинг (jamming)
- Атаки на протоколы безопасности
- Атаки с использованием уязвимостей устройств в сети

Реализуется, когда в результате преднамеренных действий злоумышленника, запрашиваемый ресурс не сможет обработать получаемые запросы из-за перегрузки вычислительных мощностей, либо же, доступ к этому ресурсу будеткратно замедлен ввиду тех же причин.

Для каждого типа угроз существуют типовые методы обеспечения безопасности, также следует отметить, что один и тот же способ может защищать сеть от нескольких типов атак одновременно. В основном способы подразделяются на:

1. Использование шифрования: Шифрование данных является одним из основных методов обеспечения безопасности беспроводных сетей Wi-Fi. Существуют различные методы шифрования, такие как WEP (Wired Equivalent Privacy), WPA (Wi-Fi Protected Access) и WPA2 (Wi-Fi Protected Access II). В общем виде, эти протоколы различаются скоростью работы и уровнем шифрования. Стоит отметить, что эти показатели обратно пропорциональны друг другу.

2. Аутентификация: Методы аутентификации служат для проверки легитимности устройств и пользователей, подключающихся к беспроводной сети Wi-Fi. Распространенные методы аутентификации включают в себя WPA-PSK (Wi-Fi Protected Access — Pre-Shared Key) и WPA2-PSK, которые используют предварительно согласованный ключ для аутентификации устройств и пользователей.

3. Скрытие имени сети (SSID): Этот метод заключается в скрытии имени беспроводной сети Wi-Fi от общедоступного просмотра. Только те пользователи, которые знают SSID, могут подключиться к сети. Однако, хотя скрытие SSID может предотвратить случайное подключение, оно не обеспечивает надежную защиту от злоумышленников, поскольку перехват защищенных данных радиосети все ещё возможен.

4. Фильтрация MAC-адресов: Метод фильтрации MAC-адресов позволяет ограничить доступ к сети только для устройств, адреса которых были предварительно добавлены в список разрешенных. Таким образом, даже если злоумышленник узнает SSID и пароль, он не сможет подключиться к сети, если его MAC-адрес не был предварительно добавлен в список разрешенных.

5. Виртуальные частные сети (VPN): VPN-соединение позволяет зашифровать весь трафик между устройством и точкой доступа Wi-Fi, обеспечивая безопасное и приватное соединение. Подключение к VPN перед использованием беспроводной сети Wi-Fi позволяет защитить данные от перехвата и несанкционированного доступа.

6. Фаерволы: Фаерволы представляют собой программные или аппаратные средства, которые контролируют трафик, входящий и выходящий из сети. Фаерволы могут обнаруживать и блокировать подозрительную активность в сети, такую как попытки несанкционированного доступа или Malware-атаки.

Для обеспечения полноты безопасности информационных сетей существующих методов недостаточно, однако, комплексное применение этих методов значительно повышает устойчивость сетей к внешним угрозам. В докладе будут рассмотрены базовые уязвимости беспроводных сетей и варианты повышения уровня информационной безопасности.

Разработка пакета программного обеспечения для взаимодействия с IoT-устройствами

Шульц Б.Е.

Научный руководитель — Павлов О.В.

МАИ, Москва

В настоящее время наблюдается активное внедрение IoT-устройств во все сферы жизнедеятельности человека. Их основным отличием является отправка данных в интернет, взаимодействие между собой и с различными сервисами. Организация пересылки данных между устройством является одной из наиболее трудозатратных задач при разработке IoT-систем.

Для большинства устройств достаточно небольшого набора значений, передаваемых между системой и устройством: уровень зарядки, статус и небольшой набор значений. При этом для упрощения взаимодействия с внешними сервисами необходимо реализовывать доступное API, например, через HTTP-запросы. HTTP-сервер позволяет обеспечить безопасное хранение и обработку данных, а также избавляет от ограничений по количеству портов ввода/вывода.

Для решения этой проблемы была поставлена задача разработать пакет программного обеспечения в составе сервера и API для разработки клиентских приложений и программ микроконтроллеров.

Для упрощения взаимодействия, данные, хранящиеся на сервере, представлены в виде набора переменных, способных хранить различные типы данных. Доступ к ним осуществляется посредством HTTP-запросов.

API представлено набором HTTP запросов для языка высокого уровня C++ и библиотекой для микроконтроллеров. API позволяет получать и изменять информацию, хранящейся в переменных сервера. Разграничение между устройствами осуществляется за счёт присваивания уникальных номеров (токенов) каждому устройству.

Архитектура работы сети разработана по классической схеме клиент-сервер. Сервер централизованно обрабатывает поступающие HTTP-запросы от клиентов (пользователей или устройств) и отправляет ответы, содержащие запрашиваемую информацию, а также код завершения операции. Клиент отправляет HTTP-запросы с определённым набором данных, принимает ответ от сервера и обрабатывает его. В зависимости от типа запроса (чтение, запись) устройство может запросить данные определенной переменной на сервере или запросить разрешение на изменение этой переменной.

Разработанный прототип пакета ПО предоставляет возможность развернуть сервер на компьютере с операционной системой на базе Linux, разработать программу для микроконтроллера ESP8266 и управлять сервером и подключаемыми устройствами. Планируется, что данная система позволит быстро и эффективно создавать, и настраивать системы IoT-устройств, работающих по беспроводной сети Wi-Fi.

Список используемых источников:

1. Мартин Фаулер Архитектура корпоративных программных приложений. // Вильямс, 2008. — 544 с.
2. Марко Шварц Интернет вещей с ESP8266 // BHV — 2019. — 224 с.

3. David Gourley, Brian Totty, Marjorie Sayer, Anshu Aggarwal, Sailu Reddy HTTP: The Definitive Guide // O'Reilly Media, Inc. — 2002. — 617 c.
4. M. Jones, J. Bradley, N. Sakimura JSON Web Token (JWT) // Request for Comments (RFC). // Internet Engineering Steering Group (IESG), 2015. — 30 c.

Секция №3.3 Электроника, конструирование и технология приборостроения

Исследование адекватности конструкторско-технологической модели оценки надежности печатной платы

Барабанов В.С., Коробков М.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Васильев Ф.В.

МАИ, Москва

Большая часть электронных устройств в современном мире содержит печатные платы. Производители электронной аппаратуры стремятся миниатюризировать печатные узлы путем уменьшения размеров ширины проводника и ширины зазора, однако данное действие негативно влияет на количество годных выпускаемых изделий. Существующие методы оценки качества печатных плат способны произвести оценку только после их изготовления электронного модуля, при этом предложить априорную оценку не могут. В связи с этим разработана математическая модель [1,2], позволяющая определить вероятность изготовления платы в соответствии с требованиями к приемке по параметрам технологического процесса и конструктивным параметрам заготовки. Однако, для ее внедрения необходимо проверить соответствие результатов моделирования на натурном эксперименте.

Рассмотрен процесс экспонирования: в качестве конструкционного параметра, влияющего на вероятность изготовления платы, выбрана ширина проводника, а в качестве параметра технологической операции рассмотрена неровность воспроизведения края проводника. Для определения данных характеристик, в ходе исследования на пленке KIMOLEC Laser Film распечатаны фотошаблоны с группами проводников, состоящих из вертикальных, горизонтальных дорожек и под углом в 45 градусов. Проводники имеют различные значения ширины дорожки и зазора: от 0,1 мм до 0,8 мм. С помощью фотошаблонов произведено экспонирование заготовок. Оптическим методом при помощи методов компьютерного зрения определены параметры размытия края проводников на фотошаблонах и неровность края фоторезиста после операции экспонирования. Построены гистограммы распределения неровности проводников и определены вероятностные характеристики неровности дорожек фотошаблона и экспонированной заготовки. Найден параметр неровности края проводника: для используемого фотошаблона и установки экспонирования Bungard Elektronik HELLAS равен $\pm 0,043$ мм. Построены аналитические графики, определяющие вероятность бездефектного выполнения операции экспонирования. Приняв 99,3% за требуемый уровень бездефектного производства, по полученным данным можно сделать вывод, что минимальное значение ширины проводника для данного оборудования равен 0,44 мм. Далее создана еще одна плата, по которой определена практическая вероятность изготовления каждой группы проводников.

Результаты эксперимента подтвердили аналитические значения вероятностей, полученные с помощью разработанной модели. К ограничению рассматриваемой модели можно отнести отсутствие учета влияния длины проводника на оцениваемую вероятность изготовления в соответствии с предъявляемыми требованиями стандартов. В дальнейшем планируется проверка адекватности модели с включением в рассмотрение этапа травления для оценки всей цепочки воспроизведения проводящего рисунка.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант № 23-29-10204.

Список используемых источников:

1. Исаев В.В., Коробков М.А. Влияние параметров проектирования и технологических процессов на вероятность появления дефектов на печатных платах, 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». Тезисы 19-ой Международной конференции. Москва, 2020. С. 265–267.

2. Коробков М.А. Формализация вероятностного метода конструкторско-технологической оценки надежности печатной платы, сборник тезисов докладов XLIX Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения». Москва, 2023. С. 270.

Алгоритм анализа и прогнозирования отказов СБИС на основе данных, полученных с операций параметрического и функционального контролей

Борисов А.Ю., Владимиров А.А., Бобринёв М.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Смирнов К.К.

МАИ, Москва

Одним из самых важных процессов производства СБИС (сверхбольших интегральных схем) является контроль качества изделия, который проводится практически после каждой операции производства. Анализ межоперационных взаимосвязей между тестируемыми электрофизическими и функциональными параметрами позволяет получить больше данных для прогнозирования брака в последующих партиях, что позволит избежать денежных и временных издержек. Задачей текущей работы является разработка алгоритмов для решения проблемы анализа данных межоперационного контроля с целью обнаружения брака на ранних стадиях производства.

Для достижения поставленной задачи первоначально проводится анализ электрофизических параметров тестовых структур, затем функциональных параметров кристалла и заключительным этапом — функциональных параметров корпусированной СБИС. Результаты тестов дополняют друг друга и позволяют определить бракованное изделие. Проведение анализа является трудоёмким процессом, так как не все параметры можно в явном виде сопоставить и спрогнозировать наличие брака в партии [1]. Для улучшения прогнозирования отказов предлагается использовать следующий алгоритм:

1. Определить наиболее значимые параметры на операциях параметрического и функционального контроля. К ним можно отнести удельные поверхностные сопротивления, удельные сопротивления контактного перехода, токи потребления, токи утечек, токи насыщения, пороговые напряжения и напряжения пробоя.

2. Преобразовать карты годности кристаллов на основе накопленных в базе данных значений электрофизических и функциональных параметров, исключив избыточные характеристики бракованных кристаллов.

3. Проследить основные закономерности распределения бракованных кристаллов на пластине, обозначив наиболее вероятные зоны с бракованными кристаллами;

4. Определить топологические ошибки и физико-химические явления, которые наиболее вероятно влияют на тестируемые параметры кристаллов.

Результатами данного подхода являются новые карты годности кристаллов, которые можно применить к последующим партиям и сравнить гипотезы с реальными результатами, а также корреляционные связи параметров на различных операциях.

Список используемых источников:

1. Смирнов К. К. Автоматизация операций прослеживаемости качества интегральных структур при производстве сверхбольших интегральных схем. — М.: Труды МАИ, 2017, выпуск 95. 26 с.

Выбор датчиков для контроля работоспособности гибридной силовой установки лёгкого самолёта

Борисов Д.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Жуков А.А.

МАИ, Москва

Система самодиагностики гибридной силовой установки (ГСУ) легкого летательного аппарата является неотъемлемой частью безопасности и надежности полетов. В мире авиации, где любая неисправность может иметь серьезные последствия, процесс самодиагностики является критическим элементом обеспечения безопасности и надежности работы самолета. В виду новизны использования ГСУ в авиационной промышленности требуются новые системы диагностики двигателей летательных аппаратов. Как правило, диагностическая система состоит из датчиков и блока диагностики, на котором реализуется алгоритм поиска неисправностей.

Целью данной работы является выбор датчиков и датчиков-преобразующей аппаратуры для опытного образца ГСУ на базе электрической силовой установки (ЭСУ) и двухтактного, двухцилиндрового двигателя внутреннего сгорания (ДВС) с воздушным охлаждением и карбюраторным смесеобразованием.

Структурно ГСУ делится на:

1. ДВС имеющий:

- Топливную систему;
- Воздушную систему;
- Система удаления выхлопных газов;
- Систему охлаждения;
- Систему зажигания;
- Механическую часть.

2. ЭСУ имеющая:

- Механическую часть;
- Электрическую часть.

Топливная и воздушная системы используются совместно для образования топливо-воздушной смеси, от объема которой зависит режим работы ДВС. Для контроля поступающей смеси, во впускной патрубке ДВС устанавливается датчик давления и температуры воздуха, а в топливную линию датчик температуры топлива, его давления и расхода. С помощью данных датчиков можно

контролировать топливную и воздушную системы ДВС.

Еще одним косвенным параметром для определения качественного смесеобразования является температура выхлопных газов. Во время работы ДВС энергия, возникающая от сгорания топливо-воздушной смеси, частично используется для вращения поршневой группы, а оставшаяся часть энергии тратится на нагрев цилиндра и удаляется через выхлопную систему. При нарушении топливо-воздушного соотношения или нарушения работы системы зажигания, повышается или понижается температура горения смеси. Установка датчиков температуры в выхлопную систему и систему охлаждения цилиндров позволяет своевременно определить неисправность.

Система зажигания используется для своевременного воспламенения топливо-воздушной смеси. Мониторинг катушек зажигания путем измерения ее параметров работы с помощью датчиков тока и напряжения позволяет выявить

неисправность искрообразования.

Для диагностики механических частей ДВС и электродвигателя могут быть использованы датчики абсолютного положения валов, что позволяет определять соответствие формы крутящего момента.

Для диагностики электрической части ЭСУ, состоящей из электродвигателя, контроллера и аккумуляторной батареи должны быть использованы датчики температуры для контроля тепловых режимов, а так же датчики напряжения и тока для определения текущего режима электродвигателя.

Таким образом выбор датчиков для контроля работоспособности гибридной силовой установки легкого самолета — это комплексный процесс, требующий внимательного анализа требований к системе мониторинга и особенностей конкретной модели самолета. Показано, что правильный выбор оборудования позволит обеспечить безопасность полетов, повысить эффективность использования топлива и продлить срок службы гибридной силовой установки.

Список используемых источников:

1. Набоких В.А., Сафронов А.А. Способы диагностирования датчиков автомобильных систем управления с гибридной силовой установкой // Известия МГТУ «МАМИ» №2(16), 2013, т. 1

Определение практических возможностей метода конструктивно-технологической оценки вероятности изготовления печатной платы

Коробков М.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Васильев Ф.В.

МАИ, Москва

В работе произведена систематизация и расширение модели оценки вероятности изготовления бездефектной печатной платы для технологических операций воспроизведения проводящего рисунка: экспонирования и травления [1]. Рассмотрено влияние масштабного коэффициента, применяемого к рисунку проводящего слоя при печати фотошаблона. Решена обратная задача, позволяющая определить необходимую минимальную ширину проводника в зависимости от параметров технологического процесса при заданной необходимой вероятности изготовления бездефектного образца.

Определены и исследованы зависимости минимальной ширины проводника от толщины проводящего слоя, а также от фактора травления, как параметра, который можно считать интегральным показателем качества для процессов химического травления. Проведено исследование возможности компенсации фактора травления с помощью внесения масштабной деформации топологии платы, соответствующей величине подтравы. В результате анализа результатов определена эффективность такой компенсации: по аналитической оценке, применение данного метода обеспечивает возможность уменьшения размеров минимальных размеров ширины проводника в два раза по сравнению размерами, которые можно получить без компенсации.

Для внедрения разработанных математических моделей [1, 2] существующие процессы проектирования и разработки электронной аппаратуры, а также технологической подготовки производства печатных плат разработано программное обеспечение на языке Python. Программа позволяет:

- Производить оценку вероятности изготовления печатной платы в соответствии с предъявляемыми к ней требованиям в зависимости от указанных параметров производственного процесса, т.е. определить возможность изготовления спроектированной печатной платы на конкретном производстве или осуществить подбор производства для изготовления печатной платы;

- Определить конструктивные требования к печатной плате в зависимости от требуемого класса надежности и параметров технологического процесса для обеспечения возможности изготовления с заданной вероятностью, т.е. сформировать технические требования к печатной плате до этапа проектирования для обеспечения гарантии бездефектного производства.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант № 23-29-10204.

Список используемых источников:

1. Исаев В.В., Коробков М.А. Влияние параметров проектирования и технологических процессов на вероятность появления дефектов на печатных платах, 19-я международная конференция «Авиация и космонавтика», М: Перо, 2020, с.265–267.

2. Коробков М.А. Вероятностная модель изготовления бездефектной печатной платы в зависимости от параметров ее проектирования на этапе сверления отверстий, 21-я международная конференция «Авиация и космонавтика», М: Перо, 2022, с.229–230.

Использование троичной логики для создания новых принципов построения логических элементов

Круглянкин В.С., Третьякова М.Ф.

Научный руководитель — Лийн Е.А.

МАИ, Москва

Основой текущих компьютерных технологий стала бинарная логика, позволяющая однозначно интерпретировать высказывания. Это ощутимо ограничивает отражаемость реального мира, ведь в нем не всегда можно однозначно определить, истинно высказывание или ложно.

На первом этапе исследования [1] были проанализированы преимущества троичной логики перед двоичной, а также осмысление пространства, в котором троичная логика будет

действовать. Теоретического анализа недостаточно для того, чтобы приблизиться к раскрытию потенциала троичной логики. Для решения этой проблемы была поставлена задача реализации минимальных троичных элементов с целью разработки конечной архитектуры системы, а также поиска наилучшего механизма срабатывания, записи информации в ячейку памяти. Создание системы с обратной связью для хранения данных в виде тритов, минимальных целых единиц измерения количества информации источников с тремя равновероятными сообщениями, является следующим шагом разработки.

В рамках работы были реализованы троичные логические элементы на базе следующих электронных компонентов и принципов:

- 1) Двухцветный светодиод;
- 2) Реле;
- 3) Эмиттерно-связная логика.

Каждая из реализаций имеет свои плюсы и минусы, но также решает свои уникальные задачи по организации цифровых автоматов с тремя устойчивыми состояниями.

Анализ предыдущего опыта разработки троичных систем позволяет подойти с новой стороны даже к таблице истинности троичного автомата [2].

В области обработки изображений в системах технического зрения остро стоит проблема с повышением достоверности классификаций анализируемого объекта. Вероятность принадлежности изображаемого к определенному классу описывается двоичной логикой, и почти всегда она неоднозначна, например, искусственный интеллект (ИИ), анализируя фотографию собаки, может выдать следующий результат: «Это собака с точностью 94,56 %». Допустим, можно опустить эту погрешность, однако все усложняется, если объект на изображении не полностью соответствует запросу, например, является игрушкой собаки. Тогда необходимо получать дополнительные данные по изображению объекта, например, логически преобразовать всю картинку или отдельные зоны. Так формируются дополнительные признаки, повышающие вероятность распознавания, но и в таком случае ИИ будет выдавать лишь вероятность принадлежности объекта к классу. Троичная логика нивелирует этот недостаток — вместо вероятностного подхода подключается более категоричный, конкретный, и на запрос выше ИИ ответит «неизвестно». Когда нейросеть узнает, как распознать игрушку собаки, она будет отвечать «нет». Таким образом, существуют перспективы применения трехзначной логики как средства для создания гибких платформ систем искусственного интеллекта, способных менять алгоритмическую основу в зависимости от характера решаемой задачи [3].

Список используемых источников:

1. Берзин Д. В. Квантовые вычисления и автоматизированные системы проектирования // МНИЖ. — 2014. — №8-1(27). — С. 9–12.
2. Лийн Е.А., Третьякова М.Ф., Круглянкин В.С., Троичная логика как способ преодоления предела развития компьютерных технологий // 22-я Международная конференция «Авиация и космонавтика». — Москва. — 2023. — С. 258–259.
3. Данилов, В. В. Троичная запоминающая ячейка и троичные триггеры // ТРУДЫ МФТИ. Труды Московского физико-технического института (национального исследовательского университета). — 2010. — Т. 2, № 3(7). — С. 108–116.
4. Габриелян О. А. Перспективы применения многозначных логик в исследованиях искусственного интеллекта: вопросы наглядности // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Философия. Политология. Культурология. — 2021. — Т. 7 (73), № 1. — С. 5–25.

Нейросетевой алгоритм решения задачи компоновки элементов по модулям электронных средств

Крупенникова Д.Е.

Научный руководитель — Суздальцев И.В.

КНИТУ-КАИ, Казань

Задача компоновки конструктивных модулей относится к классу NP-трудных задач комбинаторной оптимизации, точное решение которых может быть найдено только с использованием методов (например, метода полного перебора или метода ветвей и границ), обладающих экспоненциальной функцией временной сложности. В связи с этим, применение точных методов для решения данной задачи, обладающей большой размерностью исходных данных (более 25–30 элементов) является непригодным. Таким образом, возникает необходимость в поиске новых методов и алгоритмов, обеспечивающих получение качественного решения задач компоновки, обладающих большой размерностью исходных данных, за приемлемое время.

Целью данной работы является разработка и исследование эффективности алгоритма на основе нейронной сети для решения задачи компоновки элементов схемы по модулям электронных средств.

В данной работе задача компоновки рассматривается, как разрезание принципиально-электрической схемы соединения элементов (микросхем и электрорадиоэлементов) нулевого уровня конструктивной иерархии на куски для определения схемного состава печатных плат, составляющих первый уровень конструктивной иерархии модулей электронных средств, с учетом определенных критериев и ограничений.

Исходными данными задачи являются: схема соединений элементов; количество формируемых печатных плат; допустимое количество элементов, располагаемых на каждой печатной плате. Результирующими данными задачи является схемный состав (перечень элементов) каждой печатной платы.

Основным критерием оптимизации решения задачи компоновки является минимум суммарного числа межмодульных соединений.

Ограничениями задачи, определяемыми в соответствии с конструктивными требованиями к компоновке печатным платам, являются: количество элементов, располагаемых на каждой печатной плате, количество печатных плат и количество внешних связей модулей.

Математическая постановка задачи компоновки может быть сформулирована следующим образом. Схема электронного средства представляется в виде взвешенного симметричного графа. При этом каждому элементу схемы ставится во взаимно-однозначное соответствие вершина графа, а каждой электрической связи между компонентами — ребро графа. Вес ребра определяется количеством электрических соединений между соответствующими элементами схемы. Таким образом, задача компоновки рассматривается как задача разбиения («разрезания») графа на куски с учетом определенных критериев и ограничений [1].

В данной работе для решения задачи компоновки элементов схем по печатным платам предлагается использовать алгоритм на основе нейронной сети с разделением графа (Graph Parting Neural Net — GPNN). Сеть GPNN основана на графовой нейронной сети. Одним из ключевых преимуществ GPNN является его способность к автоматическому изучению скрытых признаков и закономерностей в графах, что позволяет данной сети эффективно решать сложные задачи анализа графов. GPNN состоит из двух основных компонентов: предобработки графа и собственно нейронной сети. На этапе предобработки граф приводится к виду, который может быть использован нейронной сетью. Затем граф передается на вход нейронной сети, которая пытается найти оптимальное решение для разделения графа. Каждая вершина графа соответствует отдельному нейрону, который содержит информацию о вершине. Ребра являются связями между нейронами, каждому из которых присвоен вес. В основе функционирования сети GPNN заложен механизм распространения информации. При этом, GPNN чередует между собой локальное распространение информации между вершинами в небольших подграфах и глобальное распространение информации между подграфами [4].

На основе представленного нейросетевого алгоритма, был разработан программный модуль решения задачи компоновки элементов схем по модулям печатных плат. В рамках экспериментальных исследований проводилось сравнение эффективности разработанного нейросетевого с генетическим алгоритмом [2, 3] решения задачи компоновки элементов схем по модулям печатных плат, на основе ряда тестовых примеров.

Список используемых источников:

1. Курейчик, В. М. Математическое обеспечение конструкторского и технологического проектирования с применением САПР. М. : Радио и связь, 1990. 352 с.
2. Курейчик, В. В., Жиленков М.А., Курейчик В.М. Генетический алгоритм решения задачи компоновки с учетом электромагнитной совместимости // Информационные технологии. — 2018. — Т. 24, № 4. — С. 239–243.
3. Чермошенцев С.Ф., Суздальцев И.В., Богула Н.Ю. Эволюционные алгоритмы проектирования печатных плат цифровых электронных средств // XVIII Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM'2015) : сб. докл. : СПб., 19-21 мая 2015 г. СПб., 2015. Т. 1. С. 383–387.
4. Liao R., Brockschmidt M. Graph Partition Neural Networks for Semi-Supervised Classification. — Toronto: University of Toronto, 2017. — 12 p.

Технология прямого лазерного экспонирования в рамках модернизации технологического участка

Кулик М.В.

Научный руководитель — Коробков М.А.

МАИ, Москва

В настоящее время производство печатных плат сосредотачивается на миниатюризацию, повышение разрешающей способности для формирования элементов меньшего размера, а также на объемах производства от единичного до среднесерийного. Технология прямого формирования рисунка для печатных плат заключается в первую очередь в отсутствии затрат на подготовку производства и расходов на материалы, благодаря отказу от фотошаблонов. Цель работы заключается в исследовании возможности применения прямого лазерного экспонирования в рамках единичного и мелкосерийного производства, а также проверка разрешающей способности данной технологии.

Для достижения поставленной цели была произведена сборка установки на основе готового решения, представленного в виде трехосевого станка с ЧПУ 3018-PRO GRBL Control (лазерный модуль мощностью 20 Вт, оптической мощностью 5,5 Вт, длиной волны излучения 450 нм), проведено исследование в рамках получения параметров установки, при которых печатная плата после обработки будет иметь минимальное количество дефектов, таких как отсутствие проводника, отличие созданного проводника от проектируемого, и т.д., проведена серия экспериментов с применением различных резистивных покрытий на основе полученных параметров для определения разрешающей способности, изготовлены прототипы печатной платы по маршрутной карте технологического процесса производства.

В результате работы представлены прототипы печатных плат Arduino Mega 2560 с минимальной шириной проводника 0,25 мм, что соответствует третьему классу точности по ГОСТ Р 53429-2009, которые были изготовлены в рамках исследования с применением различных покрытий, а именно: фоторезиста, акрилового грунта, алкидной эмали и тонирующего покрытия со степенью пропускания излучения 5%, 10% и 20%. Также в ходе исследования сформированы рекомендуемые параметры установки.

Таким образом, данная разработка позволяет не только повысить качество изготавливаемых печатных плат, но и позволит переосмыслить привычный субтрактивный метод их изготовления, а именно технологическую операцию экспонирования, сократив ее по времени практически вдвое.

Список используемых источников:

1. Коробков М.А., Зайкин В.Д., Маречев Е.С., Хомутская О.В., Васильев Ф.В. Система прямого экспонирования на основе жидкокристаллической матрицы.//НАУЧНОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, 2023, том 33, № 1, с. 65–85
2. Clyde F. Coombs, Jr. Printed Circuits Handbook.Sixth Edition.//McGraw-Hill Handbooks, New York, 2008.

Разработка и исследование универсального задающего устройства управления работой автоматизированной системы летательного аппарата

Лашина Ю.С., Волков М.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Акилин В.И.

МАИ, Москва

Для развития самолетостроения обеспечение безопасности полетов самолетов различного назначения является одной из важнейших задач, стоящих перед разработчиками летательных аппаратов, их бортового оборудования, систем и приборов и актуальна на всех этапах жизненного цикла данных изделий.

В современных системах для решения задач навигации, пилотирования используются различные системы управления летательным аппаратом, оснащенные задающими устройствами, от надежности которых зависит безопасность полета. Основной функцией данных устройств является ввод (задание) режимов работы, значений параметров (высоты, курса, горизонтальной и вертикальной скорости) и т.д. В настоящее время в России нет бесконтактных задающих устройств авиационного назначения даже аналоговых, тем более цифровых.

Задающий прибор является необходимым элементом пульта управления систем пилотирования летательного аппарата для ручного ввода требуемого (заданного) значения управляемого параметра в зависимости от угла поворота. В настоящее время применяют два вида датчиков: аналоговые и цифровые, которые обладают преимуществами и недостатками. Подавляющее большинство видов датчиков являются контактными датчиками и их основными недостатками являются: наличие искрения на контактах, что снижает надежность их работы, ложные срабатывания при наличии вибраций или резких сотрясений, низкая надежность из-за наличия скользящего электрического контакта, подгорание контактов.

В данной работе рассматривается универсальный цифровой задающий прибор поворотного типа для ручного выбора параметра и задания значения параметра, которое будет лишено ранее перечисленных недостатков, в следствии применения цифровой бесконтактной конструкции.

Универсальный цифровой задающий прибор поворотного типа включает в себя абсолютный цифровой датчик, который является преобразователем механического угла поворота в цифровой электрический сигнал (т.е. датчиком угла поворота), а также выполнен на базе одноканальной кодовой шкалы и контроллера. В зависимости от установленного программного обеспечения прибор позволяет работать в разных режимах.

Список используемых источников:

1. Цацин А.А. Универсальное задающее устройство. Материалы VI научно-практической конференции памяти О.В.Успенского. Сборник докладов. — М.: Издательский дом Академии Н.Е.Жуковского, 2019. С.82–86.
2. Цацин А.А., Перепелицин А.В. Натурное моделирование универсального задающего устройства. Материалы VI научно-практической конференции памяти О.В.Успенского. Сборник докладов. — М.: Издательский дом Академии Н.Е.Жуковского, 2019. С.87–91.
3. Цацин А.А. Метод формирования Т-последовательностей для однокоординатных цифровых датчиков перемещений. Материалы IV научно-практической конференции памяти О.В.Успенского. Сборник докладов. — М.: Издательский дом Академии Н.Е.Жуковского, 2017. С.54–60.
4. Цацин А.А. Синтетические псевдослучайные последовательности для датчиков положения. Приборы. 2019. №11 (233). С. 21–28.

Разработка подсистемы компоновки элементов схем по модулям гибко-жесткой печатной платы на основе генетического алгоритма

Миникаев А.А.

Научный руководитель — Суздальцев И.В.

КНИТУ-КАИ, Казань

В последнее время широкое применение при проектировании изделий авионики получили гибко-жесткие печатные платы (ГЖПП), что обуславливается большим количеством их преимуществ [1]. Однако, при проектировании ГЖПП требуется учитывать ряд дополнительных ограничений, возникающих в связи с особенностями их конструкции. Таким образом, возникает необходимость в модификации алгоритмов решения задач автоматизированного проектирования гибко-жестких печатных плат.

Целью данной работы является разработка и исследование эффективности генетического алгоритма решения задачи компоновки элементов на монтажных областях ГЖПП.

Задача компоновки заключается в распределении конструктивных элементов схемы электронного средства по модулям на основе жестких частей ГЖПП. Исходными данными задачи компоновки являются: электрическая-принципиальная схема соединения элементов электронного средства, конструктивные и электрические характеристики элементов схемы, а также параметры конструкции модулей жестких частей ГЖПП и схема их соединений. Результатом решения задачи компоновки является схемный состав каждого модуля жесткой части ГЖПП.

При решении задачи компоновки возникает необходимость в учете ограничений на следующие конструктивные параметры: коэффициент плотности компоновки жестких частей ГЖПП, максимальное количество внешних выводов модулей; количество компонуемых модулей жестких частей ГЖПП. Основным критерий оптимизации решения задачи компоновки заключается минимизации количества межмодульных связей. При расчете показателя качества решения задачи по данному критерию учитывается наличие гибких шлейфов (реализующих межмодульные соединения) между жесткими частями платы, исходя из их схемы соединений, что обуславливается особенностями конструкции ГЖПП.

Кроме того, при решении данной задачи предлагается учитывать ограничение и критерий, способствующих обеспечению электромагнитной совместимости (ЭМС) компонуемых модулей на основе жестких частей ГЖПП. Для учета критерия и ограничения ЭМС, выделяются классы подсхем элементов, на основе анализа их электромагнитных параметров, а также устанавливается возможность их совместной (или раздельной) компоновки в пределах одного модуля ГЖПП. Учет критерия ЭМС позволяет максимизировать количество подсхем, компонуемых в одном модуле ГЖПП и принадлежащих одному классу. Выполнение ограничения ЭМС исключает возможность компоновки в пределах одного модуля ГЖПП подсхем элементов, относящихся к несовместимым классам.

Для решения задачи многокритериальной задачи компоновки элементов схем по модулям ГЖПП предлагается использовать генетический алгоритм [2,3]. Особь данного генетического алгоритма соответствует одному потенциальному варианту решения задачи компоновки элементов по модулям ГЖПП. Последовательность значений генов в хромосоме определяет порядок размещения элементов в компонуемых модулях. Создание новой популяции особей, в разработанном ГА решения задачи компоновки, выполняется на основе стратегии «дробовика». Процедура кроссинговера особей, реализуется с использованием одноточечного оператора порядкового скрещивания. Мутация особей осуществляется на основе оператора двухточечной инверсии хромосом. Для отбора особей в следующее поколение ГА применяется оператор ранговой селекции.

В рамках данной работы был разработан программный модуль, реализующий ГА решения задачи компоновки элементов схем по модулям ГЖПП и проведен ряд вычислительных экспериментов. В качестве исходных данных для проведения экспериментальных исследований был сформирован ряд примеров, представляющих электрические принципиальные схемы средств авионики. Проведенные исследования обосновывают эффективность применения ГА для решения задачи компоновки элементов схем по модулям ГЖПП.

Список используемых источников:

1. Мылов Г.В., Таганов А.И. Методологические основы автоматизации конструкторско-технологического проектирования гибких многослойных печатных плат. М. : Горячая линия — Телеком, 2014. 168 с.
2. Курейчик, В. В., Жиленков М.А., Курейчик В.М. Генетический алгоритм решения задачи компоновки с учетом электромагнитной совместимости // Информационные технологии. — 2018. — Т. 24, № 4. — С. 239–243.
3. Чермошенцев С.Ф., Суздальцев И.В., Богула Н.Ю. Эволюционные алгоритмы проектирования печатных плат цифровых электронных средств // XVIII Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM'2015) : сб. докл. : СПб., 19-21 мая 2015 г. СПб., 2015. Т. 1. С. 383–387.

Разработка общего подхода к моделированию точностных показателей приборов первичной информации как результата действия их конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов

Мозгалева М.А., Раменский В.Л.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Акилин В.И.

МАИ, Москва

Человека окружают различные объекты, то есть предметы, явления, сооружения, природа и др., существующие независимо от него или в результате его деятельности, образующие его жизненную среду или предназначенные для удовлетворения его определённых потребностей. Совокупность свойств объекта, обуславливающих его способность удовлетворять потребностям человека, определяется как его качество, которое характеризуется определёнными показателями. На показатели качества объекта оказывает влияние его состояние, которое принято оценивать различными признаками. Технические объекты характеризуются свойствами, которые могут быть определены путём получения соответствующей информации [1].

Любой измерительный прибор (датчик первичной информации) летательного аппарата (ЛА) характеризуется совокупностью технических показателей, определяющих качество его работы на объекте. К числу важнейших показателей прибора относятся показатели его точности.

Все, даже относительно простые, приборы первичной информации (ППИ) ЛА представляют собой систему функциональных и конструктивных элементов, которые в процессе его работы находятся в сложном взаимодействии, формирующем его основную функцию. Для ППИ ЛА основной функцией является измерение какой-либо физической величины, характеризующей состояние аппарата в процессе его полёта.

При формировании общего подхода может быть определён алгоритм процесса моделирования точностных показателей приборов первичной информации навигационных систем ЛА как результата действия их конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов. Данный алгоритм заключается в следующем:

- Основная функция ППИ определяется на основе уравнения физического преобразования;
- Точностные показатели определяются, исходя из основной функции ППИ;
- Основные конструктивные факторы определяются на основе структурной и принципиальной схем ППИ;
- На основе анализа технологических процессов изготовления элементов конструкции ППИ и технологического процесса его сборки определяются его основные технологические факторы;
- Основные эксплуатационные факторы определяются на основе анализа условий эксплуатации ППИ;
- Формируются матричные уравнения, выражающие характер влияния конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов на основные точностные показатели ППИ;

- На основании полученных данных разрабатываются графо-алгоритмические модели, отражающие характер влияния действующих факторов на точностные показатели ППИ;
- На основании созданных графо-алгоритмических моделей разрабатываются мероприятия по управлению качеством ППИ на этапе их серийного производства.

Список используемых источников:

1. Яглом А.М., Яглом И.М. Вероятность и информация. / 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Наука, 1973. 512 с.

Неполноприводные роботы-манипуляторы

Павлов О.В.

Научный руководитель — к.т.н. Буянов С.В.

МАИ, Москва

Современные роботы манипуляторы прошли серьезный путь развития от первых механических манипуляторов для работы в опасных средах до сложных автоматизированных систем, оперирующих большим количеством звеньев с помощью сервоприводов или шаговых двигателей.

Компании-производители сформировали общий вид кинематических схем универсальных манипуляторов, в основном пяти осевые роботы с вращательными сочленениями. Большое количество исследователей и компаний занимается поиском новых применений для роботов и внедрением существующих решений.

Одной из основных задач, стоящей перед разработчиками роботов-манипуляторов становится поиск средств оптимизации управления существующими манипуляторами — повышении скорости выполнения алгоритмов, повышении скорости перемещения робота, повышении точности позиционирования робота и оптимизации перемещения.

Следующим шагом в развитии роботов-манипуляторов может стать разработка непостоянноприводных роботов-манипуляторов — манипуляторов способных сохранять частичную или полную работоспособность при выходе из строя одного из сочленений робота-манипулятора.

Основной сложностью управления роботами-манипуляторами при отказе сочленений является необходимость противодействия внешним силам, в основном силе тяжести. В случае наличия возможности зафиксировать положение звена робот манипулятор можно рассматривать как робота с уменьшившимся количеством звеньев. При отсутствии возможности фиксации сочленений для управления роботом придётся применять методы управления маятниками. Существует ряд работ посвященных управлению подвешенными роботами-манипуляторами.

Отдельно стоит рассмотреть управление роботами-манипуляторами семейства R-R-P (SCARA), в отличии от большинства роботов-манипуляторов все оси сочленений расположены параллельно друг другу и в меньшей степени подвержены влиянию силы тяжести, что облегчает управление ими при отказе сочленений, кроме последнего P сочленения, отвечающего за перемещение по оси Z.

Основным принципом управления отказавшим сочленением SCARA манипулятора является придание ускорения отказавшему звену за счёт перемещения других звеньев.

В работе рассматриваются основные подходы и проблемы синтеза системы управления непостоянноприводного робота-манипулятора типа R-R-P (SCARA).

Список используемых источников:

1. He B, Wang S, Liu Y. Underactuated robotics: A review. International Journal of Advanced Robotic Systems. 2019; 16(4).

2. Lai, Xuzhi & Pan, Changzhong & Wu, Min & Yang, Simon & Cao, Weihua. (2014). Control of an Underactuated Three-Link Passive–Active–Active Manipulator Based on Three Stages and Stability Analysis. Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control. 137. 021007.

3. Wang, YW., Lai, XZ., Zhang, P. et al. A new control method for planar four-link underactuated manipulator based on intelligence optimization. Nonlinear Dyn 96, 573–583 (2019).

4. Малолетов, А. В. Анализ ошибок позиционирования неполноприводного тросового робота и методы их компенсации / А. В. Малолетов, М. Ю. Фадеев, А. С. Климчик // XII

Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики : Сборник трудов. В 4-х томах, Уфа, 19–24 августа 2019 года. Том 1. — Уфа: Башкирский государственный университет, 2019. — С. 574–576.

Оценка влияния магнитного поля на высокоточный цифровой блок лазерных гироскопов

Пинчукова И.А., Канунников Е.И., Лаврова П.А.
Научный руководитель — доцент, к.т.н. Горожеев М.Ю.
МАИ, Москва

Одним из основных элементов бортового оборудования современных летательных аппаратов является бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС), которая позволяет обеспечить автономную навигацию летательного аппарата в условиях отсутствия других источников информации о его местоположении. На сегодняшний день наиболее распространены БИНС, в которых в качестве чувствительных элементов применяются кварцевые маятниковые акселерометры и лазерные гироскопы.

Лазерный гироскоп подвержен влиянию внешних воздействующих факторов, в частности внешних магнитных полей. Размещённое рядом с БИНС оборудование при своей работе создаёт дополнительные магнитные поля, поэтому задача оценки уровня влияния данных полей на точностные характеристики лазерного гироскопа и проработки возможности экранирования от них является актуальной.

Для перспективной БИНС был разработан высокоточный цифровой блок лазерных гироскопов (БЛГ). Для выполнения требований к точностным характеристикам были применены кольцевые лазеры с увеличенным относительно серийных образцов периметром. Это привело к увеличению габаритных размеров БЛГ. С целью снижения массы в качестве материала корпуса БЛГ был выбран магниевый сплав — МЛ10. Одновременно с этим пришлось увеличить количество точек крепления магнитного кожуха к БЛГ для предотвращения паразитных колебаний.

Таким образом, в новом БЛГ используется ранее не применявшийся материал, а также увеличилось количество отверстий в магнитном кожухе. В связи с этим возникла задача оценки влияния магнитного поля на точностные характеристики нового БЛГ и проверки эффективности экранирования кожуха.

Были проведены испытания образца БЛГ с использованием колец Гельмгольца для задания магнитного поля. В ходе испытаний оценивалась магнитная чувствительность каждой из осей БЛГ при прямом и обратном направлении поля. Также были проведены исследования БЛГ с надетым на него кожухом из пермаллоя.

В докладе представлены: описание испытательной установки, методика проведения испытаний, а также полученные результаты для БЛГ отдельно и в кожухе. Сделана оценка влияния внешнего магнитного поля на высокоточный цифровой БЛГ.

Список используемых источников:

1. Байбородин Ю.В. Основы лазерной техники — «Высшая школа», 1988. — 240 с.
2. Dr. Frederick Aronowitz. Fundamentals of the ring laser gyro // Optical Gyros and the Application — USA, 1999. — с. 3.1–3.45.
3. Галкин В.И. курс лекций по дисциплине «Перспективные гироскопы летательных аппаратов и их производство» — М., 2005. — 150 с.

Разработка модуля передачи данных по CAN-шине с использованием облегчённого протокола UAVCAN для беспилотных летательных аппаратов

Прокофьев С.А., Прокудина А.К., Степанов А.С.
Научный руководитель — Павлов О.В.

МАИ, Москва

На сегодняшний день одним из актуальных направлений в области разработки беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является упрощение и улучшение возможностей контроллеров по взаимодействию с датчиками и модулями БПЛА. Упрощение физического подключения модулей позволит упростить конструкцию и уменьшить используемую

номенклатуру проводов, упростить сборочный процесс БПЛА, а использование более сложных протоколов позволит упростить настройку БПЛА и упростит добавление дополнительных модулей в систему управления.

На данный момент для решения этой задачи датчики подключаются напрямую к полетному контроллеру. При использовании данного способа количество датчиков БПЛА ограничено количеством портов полетного контроллера, что ограничивает возможности по сбору большого количества данных о полёте. Поэтому, в данной работе рассматривается альтернативный способ организации подключения большого количества датчиков к полетному контроллеру и облегчения сбора данных с датчиков БПЛА — использование CAN-шины с протоколом UAVCAN.

Использование CAN-шины позволяет подключать до 64 устройств на 1 линию, максимальная скорость сети — 1 Мбит/сек (при максимальной длине шины 40 метров). Такая шина обладает повышенной помехоустойчивостью в силу своей конструкции, что позволяет использовать её в достаточно суровых условиях. В свою очередь, облегченный протокол UAVCAN обеспечивает надежную передачу данных между устройствами, подключенными к CAN-шине.

В процессе работы проводится анализ работы CAN-шины, а также анализируется документация на протокол UAVCAN и ряд датчиков: GPS, барометр, магнетометр, датчик расстояния. На основе данных документации разрабатывается универсальный модуль для подключения датчиков к CAN-шине с использованием протокола UAVCAN.

В результате работы сконструирован опытный образец устройства, а также проведено тестирование работоспособности.

Список используемых источников:

1. UAVCAN / [Электронный ресурс] // PX4 User Guide : [сайт]. — URL: <https://docs.px4.io/v1.12/en/> (дата обращения: 23.02.2024).

2. UAVCAN Specification v1.0 beta / [Электронный ресурс] // OpenCyphal : [сайт]. — URL: https://opencyphal.org/specification/UAVCAN_Specification_v1.0-beta.pdf (дата обращения: 23.02.2024).

3. Техническое обеспечение телематических систем. Кабельные линии связи. Шина CAN: методические указания / Н.Ю. Лахтина, К.Г. Манушакян. — М.: МАДИ, 2016. — 68 с.

Концепция беспроводной системы передачи телеметрической информации для комплекса отладки авиационных газотурбинных турбовальных двигателей

Саразов Р.С., Коробков А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Маликов С.Б.

МАИ, Москва

Современные отечественные вертолетные газотурбинные двигатели имеют в своем составе элементы системы автоматического регулирования (САУ) с полной ответственностью типа FADEC [1]. Особенность работы с подобными системами при выполнении регламентных работ, поиске и устранении причин неисправности двигателя заключается в необходимости взаимодействия с ее микропроцессорным блоком управления при помощи специального программно-аппаратного комплекса [2].

При такой технологии взаимодействия с двигателем имеются недостатки. Это высокие требования к квалификации инженерно-технического персонала, а главное — необходимость его непосредственного присутствия на борту вертолета в момент проведения всех необходимых регламентных работ. Особенно актуальной проблема становится в ходе отладки двигателей вертолетов, которые не имеют пассажирской или грузовой кабины.

Ключевой возможностью оптимизации технологии является формирование концепции и создания устройства беспроводной передачи данных от блока автоматического регулирования двигателя в универсальный программно-аппаратный диагностический

комплекс [3]. В зависимости от дальности передачи сигнала данным устройством, можно сформулировать два сценария его применения — локальный и удаленный.

При локальном применении, специалист по отладке двигателя подключает устройство, тем самым может воздействовать на параметры двигателя и делать регулировки в процессе работы вертолета, находясь на удалении от него на специально оборудованной площадке. При этом соблюдаются требования некоторых эксплуатирующих организаций об отсутствии посторонних в кабине.

При удаленном применении предполагается создание крупной серии устройств беспроводной передачи данных и их распределение по расположениям крупных авиационных производственных и ремонтных центров, технико-эксплуатационным частям и организация удаленного сервисного центра. При выявлении дефекта двигателя осуществляется подключение устройства к системе вертолета с последующим доступом к его параметрам и настройкам специалистов сервисного центра. Это значительно снизит требования к квалификации инженерное техническое состава на местах, позволит изначально заниматься поиском, устранением неисправности и контролю состояния узкопрофильному специалисту — представителю организации-разработчика двигателя, что повысит качество работы и обслуживания, сократит время простоя двигателей на всех этапах их жизненного цикла.

С технической стороны это выглядит следующим образом: телеметрический модуль при помощи контрольно-диагностических кабелей подключается к блоку электронной системы управления двигателя, осуществляется его беспроводное сопряжение с контрольно-проверочной аппаратурой, либо непосредственное удаленное подключение специалиста. В обоих случаях предполагается подключение комплекта оборудования к локальной информационной сети. Учитывая условия эксплуатации, устройство должно иметь автономный источник электропитания, обеспечивающий его бесперебойную работу, повышенную устойчивость к климатическим факторам и вибрационным нагрузкам.

Главной технической сложностью при реализации такой задумки является сама передача беспроводного сигнала телеметрических данных от системы управления двигателя вертолета к удаленному сервисному центру. Необходимо ввести в эксплуатацию новое оборудование, имеющее в своем составе источники радиосигнала, в уже имеющиеся электронные системы, не нарушив их совместную работу и не создав им радиочастотных помех, для чего необходимы специализированные измерения и испытания [4]. Одновременно с этим обеспечив высокую стабильность и качество соединения. Немаловажной проблемой является защита беспроводного канала передачи данных от несанкционированного доступа извне.

Главной целью работы является разработка такого устройства, создание прототипа и в конечном итоге — реализация готового изделия.

Список используемых источников:

1. Котельников В.Р., Изотов Д.П., Зрелов В.А. Двигатели вертолетов России–Рыбинск : Медиарост, 2022. — 328 с.
2. Коробков А.А., Саразов Р.С., Маликов С.Б. Разработка концепции универсального программно-аппаратного комплекса для технического обслуживания и отладки авиационных турбовальных двигателей/XXVI Тулолевские чтения: Международная молодёжная научная конференция: Сборник докладов–Казань: 2023.
3. Саразов Р.С., Коробков А.А., Кудрявцева О.А. Разработка и изготовление программно-аппаратного комплекса для диагностики и отладки системы управления газотурбинных турбовальных авиационных двигателей/Сборник трудов XXI научно-технической конференции «Радиолокация и связь — перспективные технологии» — М, 2023.
4. Саразов Р.С., Кудрявцева О.А., Луниин М.Ю. Разработка автоматического измерительного комплекса для оценки электромагнитной обстановки и исследования радиосигналов/Сборник трудов XXI научно-технической конференции «Радиолокация и связь–перспективные технологии» — М, 2023.

Разработка элементов конструкции и модуля подготовки шаблонов для установки прямого экспонирования печатных плат на основе жидкокристаллической матрицы

Степанов А.С., Лавриненко С.А., Прокофьев С.А.

Научный руководитель — Коробков М.А.

МАИ, Москва

Производство печатных плат включает в себя много технологических операций, но наиболее важной, трудной и дорогой является операция переноса проводящего рисунка на заготовку — экспонирование. Для компенсации недостатков существующих технологий разработана система прямого экспонирования, в которой в качестве фотошаблона выступает жидкокристаллическая (ЖК) матрица [1]. В ходе экспериментальной эксплуатации определены следующие недостатки опытного образца: отсутствие освещения в установке, и, как следствие, недостаточно точное совмещение шаблона с заготовкой, отсутствие целостной конструкции установки и сложность в формировании изображения шаблона необходимого формата.

В САПР SolidWorks спроектирована модель установки экспонирования. При разработке были учтены необходимые конструктивные особенности: способность установки сохранять свое положение при внешних воздействиях, наличие освещения, плотная фиксация заготовки и возможность посредством камеры получать изображения данной заготовки. С помощью 3D-принтера изготовлены стойки, позволяющие установке оставаться в устойчивом положении при внешних воздействиях, а также подставка под ЖК-матрицу. Основание вырезано на лазерном станке ЧПУ и собрано из двух слоев: фанеры и акрила. Фанера не пропускает УФ-излучение, а акрил придает толщину основанию для плотной фиксации ЖК-матрицы. Для изготовления системы сканирования использована часть конструкции фотополимерного 3D-принтера Anycubic Photon S, состоящая из винтового вала и шагового двигателя, благодаря которым происходит перемещение камеры по установленным по бокам вала рельсам. Наличие двух рельс обеспечивает стабильное перемещение камеры по оси Z и позволяет избавиться от возможного эффекта шимми. Также для камеры в САПР Altium Designer спроектирована светодиодная плата, обеспечивающая освещение заготовки [2].

Во время проведения экспериментов уже на собранной установке была выявлена проблема неравномерности распределения излучения по поверхности заготовки [3]. Так как при использовании светодиодной платы как с рассеивателем, так и без него, на поверхности заготовки, из-за высокой отражательной способности стеклотекстолита, образуются блики, не позволяющие четко определить её рисунок. Также был проведен ряд опытов по изменению расположения источника света относительно заготовки, в ходе которого было получено, что расположение источника света не оказывает влияния на качество рисунка заготовки. Для уменьшения неравномерности излучения на поверхность заготовки накладывается матовая полупрозрачная пленка, обладающая высокой поглотительной способностью. Однако, существенным недостатком является недостаточная прозрачность пленки, что не позволяет получить четкое изображение всех участков заготовки.

Кроме работ, связанных с конструкцией установки, затронуты вопросы, связанные с программным обеспечением. При экспонировании на ЖК-матрицу выводится шаблон с изображением проводящего рисунка, но большая часть программных средств для проектирования печатных плат на выходе предоставляет файл для производства в формате «Gerber», и в зависимости от используемой программы, версия Gerber-файла может отличаться, что влияет на подход к анализу и обработке данного файла. Для упрощения данного процесса, разработана программа автоматического преобразования Gerber-файлов в растровые изображения.

Масштаб полученных изображений, после вывода на ЖК-матрицу, соответствует физическому размеру спроектированной печатной платы. Это достигается путем учета таких значений как: координаты крайних точек объектов на Gerber-файле, количество точек на дюйм в используемой матрице.

Выполненные работы позволили повысить повторяемость операции экспонирования, а подготовленный в ходе работ комплект конструкторской документации для элементов установки экспонирования позволит ускорить процесс производства серийного образца.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант № 23-29-10204.

Список используемых источников:

1. Система прямого экспонирования на основе жидкокристаллической матрицы / М. А. Коробков, В. Д. Зайкин, Е. С. Маречев [и др.] // Научное приборостроение. — 2023. — Т. 33, № 1. — С. 65-85. — EDN ITNWYR.

2. Белоус И. А. Сквозное автоматизированное проектирование в системе Altium Designer / И. А. Белоус // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса — 2015. — С. 6671. — EDN TUNYDL.

3. Метод масочной компенсации неравномерности излучения в системе прямого экспонирования на основе жидкокристаллической матрицы / М. А. Коробков, В. Д. Зайкин // Труды МАИ. — 2023. — № 132. — EDN BIRRHС.

Исследование влияния формы корпуса чувствительного элемента акселерометра на его физические характеристики методом математического моделирования

Суворов А.С., Гавриленко В.В., Суворова М.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Могильная Т.Ю.

МАИ, Москва

Одним из основных элементов современной навигационной системы летательного аппарата является акселерометр. Объектом данной работы будет маятниковый акселерометр с обратной компенсационной связью, главной характеристикой стабильности которого является смещение нуля выходного сигнала. Акселерометры серии Q-Flex предназначены для измерения линейного ускорения используются в качестве датчиков первичной информации в системах ориентации и навигации подвижных объектов различного назначения. В настоящее время они применяются во всех серийно выпускаемых беспилотных инерциальных навигационных системах.

Стабильность данного изделия определяется различными факторами, например, термическими воздействиями, качеством сборки и конструктивными особенностями и так далее. В данной работе проводится исследование влияния конструктивных различий моделей чувствительного элемента (ЧЭ) данного изделия на его выходной сигнал. Конструкция ЧЭ состоит из следующих основных частей: двух цилиндрических корпусов из никелевого сплава и тонкой кварцевой пластины, зажатой между ними. Как показали экспериментальные данные, под действием теплового поля на объект в стационарном режиме происходит термическое расширение частей ЧЭ, за которым следует смещение пластины ЧЭ относительно первоначального положения, что вызывает изменение значения выходного сигнала.

Авторы статьи исходят из предположения, что смещение пластины обуславливается взаимодействием корпусов и пластины, которое зависит от их внутренних напряжений (ВН). Соответственно, изменение конструкции корпусов ЧЭ повлияет на распределение ВН, что позволит уменьшить смещение пластины. Для решения данного исследования проводится моделирование и последующий анализ в следующих программных пакетах: MathCAD, SolidWorks, COMSOL. При моделировании и расчете конструкции ЧЭ возникают трудности, связанные с размерами пластины и с тем, что входные параметры определяются более сложными уравнениями, поскольку они зависят от давления и частоты колебаний. Поэтому для решения задачи была разработана упрощенная модель.

В результате исследований были получены графики распределения ВН, анализ которых показал, что изменение конструкции оказывает незначительное влияние на смещение пластины.

Список используемых источников:

1. Нестерова Н.В., Пыхтерев В.С., Сырымкин В.И. Основы приборостроения // Издательство СТТ. 2018. С. 146.
2. Сафранов А.В., Захарьин К.Н., Тегубов С.И. Компьютерные технологии в приборостроении // ИПК СФУ. 2008 г. С. 45.

Основы моделирования влияния ионизирующего излучения на кремниевые фотоэлектрические преобразователи космического назначения

Феклистова А.А.

Научный руководитель — Рябцева М.В.

НИТУ МИСИС, Москва

Батареи солнечные (БС) в качестве первичного источника энергии используются более чем на 80 % околоземных спутников Земли, которые выполняют широкий спектр задач: обеспечение навигации, теле- и радиовещания, связи, прогнозирования погоды, научных исследований и другого. Для успешного выполнения этих задач в жестких условиях космической среды к БС космических аппаратов (КА) выдвигаются следующие требования:

- Высокий уровень удельных электрических и энергомассовых характеристик;
- Стойкость к факторам космического пространства (ФКП) на эксплуатируемой орбите;
- Низкая стоимость и другое.

Сегодня для низкоорбитальных КА в качестве основы фотогенирующей части (ФГЧ) БС применяются кремниевые (Si) фотоэлектрические преобразователи (ФЭП), которые способны обеспечить КА необходимым энергопотреблением. Поскольку технология изготовления таких ФЭП хорошо отработана, а материалы, применяемые в составе Si ФЭП, имеют высокую степень распространенности и низкую стоимость, то это дает им конкурентное преимущество при использовании в составе БС КА, функционирующих на орбите до 2000 км, со сроком активного существования (САС) менее 7 лет [1].

При штатной работе КА его САС определяется стойкостью БС к ФКП. Ионизирующее излучение (ИИ) является одним из основных факторов деградации ФЭП, так как на протяжении всего времени эксплуатации КА в полупроводниковом материале накапливается доза структурных повреждений, что сказывается на электрических параметрах ФЭП.

Эксплуатируемые в космическом пространстве изделия должны состоять из материалов с подтвержденной квалификацией, соответственно, любое изменение конструкции требует подтверждения надежности применения в ФГЧ БС КА и занимает продолжительное время. Ускорить испытания в настоящее время возможно с помощью средств моделирования, которые уже стали фундаментальными инструментами для прогнозирования поведения ФЭП в различных условиях эксплуатации.

Соответственно, целью работы является анализ и выбор оптимального расчетного метода определения радиационной стойкости Si ФЭП космического назначения.

В качестве объекта исследования выбирается Si ФЭП структуры p⁺-p-r⁺, который применяется в большинстве ФГЧ БС низкоорбитальных КА, так как потенциальный барьер на тыльном изотипном переходе фактически сводит к нулю скорость поверхностной рекомбинации на границе раздела, повышая количество собранных избыточных носителей заряда (НЗ) и, следовательно, ток ФЭП [2].

Далее была определена суть процессов деградации ФЭП в космической среде, которая зависит от типа и энергии падающих частиц, свойств полупроводниковых материалов и эксплуатационных параметров.

В зависимости от уровня облучения электронами с энергией 1 МэВ существуют три механизма аналитического описания деградации Si ФЭП.

1. Большая часть деградации свойств космических Si ФЭП после облучения при флюенсе до 1016 см⁻² вызвана внедрением радиационно-индуцированных центров рекомбинации, которые уменьшают диффузионную длину неосновных НЗ в базе. Расчетные значения коэффициента деградации диффузионной длины KL в зависимости от концентрации базовых носителей (p- и n-типа соответственно) приведены в [3].

2. При флюенсе $(2-5) \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ наблюдается значительное увеличение тока короткого замыкания и снижение напряжения холостого хода, что может быть объяснено увеличением ширины области пространственного заряда, которая зависит от концентрации НЗ в базе.

3. Резкое ухудшение электрических характеристик ФЭП после воздействия флюенса $> 5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ может быть объяснено эффектом экстракции НЗ из-за внедрения ловушек и глубоких донорных уровней высокой концентрации. Это приводит к инвертированию типа проводимости и, как следствие, увеличивает сопротивления базы, что разрушает ФЭП. Концентрация носителей после облучения рф в базовом слое p-Si может описана в [4].

Наиболее точной моделью является учет всех трех изменяющихся параметров, так как это наиболее полно коррелирует с экспериментальными результатами [4].

Важно заметить, что во всех описанных выше явлениях уменьшение концентрации НЗ в базе играет доминирующую роль, изменение которой можно смоделировать в специализированном приложении PC1D. Соответственно, первым шагом была смоделирована структура p+-p-p+ с известными толщинами и степенями легирования слоев, после чего построена вольт-амперная характеристика (ВАХ) до облучения. При сравнении экспериментальных и смоделированных электрических параметров объектов исследования было получено не более 1,0 % и 5,9 % в точке тока короткого замыкания и напряжения холостого хода соответственно. В точке максимальной мощности наблюдалось высокое значение погрешности, что может быть объяснено отсутствием металлической контактной сетки и антиотражающего покрытия на модели.

Следующим этапом планируется уточнение теоретической модели, моделирование ВАХ после облучения, а также проведение натурных экспериментов с вышеуказанной структурой для сверки достоверности результатов моделирования и получения своих уточненных значений коэффициентов KL и RC.

Список используемых источников:

1. Rehman A., Lee, S. H. Silicon space solar cells: progression and radiation-resistance analysis. // Journal of the Korean Physical Society. — 2016. — №68(4). — С. 593–598.
2. Колтун М.М. Солнечные элементы. — М.: Наука, 1987. — 192 с.
3. Cappelletti M. A., Casas G. A., Cédola A. P., Peltzer y Blancá, E. L. Theoretical study of the maximum power point of n-type and p-type crystalline silicon space solar cells. // Semiconductor Science and Technology. — 2013. — №28(4).
4. Yamaguchi M., Khan A., Taylor S. J., Imaizumi M., Hisamatsu T. A detailed model to improve the radiation-resistance of Si space solar cells. // IEEE Transactions on Electron Devices. — 1999. — №46(10). — С. 2133–2138.

Компенсация деформации заготовки печатной платы на этапе экспонирования методами компьютерного зрения

Цатурьян К.А., Филатов Н.И., Волченков А.Д.

Научный руководитель — Коробков М.А.

МАИ, Москва

На стадии проектирования печатных плат подразумеваются идеальные условия их производства, без учета погрешностей, возникающих в ходе изготовления. Однако различные факторы, такие как механические напряжения, погрешности оборудования, ошибки операторов или воздействие внешних условий, могут привести к серьезным негативным последствиям, в числе которых дефекты геометрии, ненадежное крепление и соединение элементов.

Одна из наиболее распространенных проблем — это смещение отверстий от заданных положений после процесса сверления, что в свою очередь порождает сложности при нанесении рисунка печатной платы на готовое изделие. Обнаружение и компенсация таких дефектов становятся важными задачами, поскольку от них зависит качество и надежность печатных плат.

Одним из наиболее эффективных подходов к решению проблемы является использование автоматизированного метода, основанного на компьютерном зрении, для определения

изменений в геометрии и погрешностях сверления печатной платы, а затем корректировки рисунка относительно просверленных отверстий.

Алгоритм, основанный на триангуляции Делоне и аффинном преобразовании для определения изменения геометрии и погрешностей сверления, представляет собой эффективный и точный подход к решению данной проблемы. Аффинные преобразования позволяют перенести изображение печатной платы из одного пространства в другое, учитывая возможные смещения и искажения. Это позволяет определить точное положение и размеры отверстий после сверления и сравнить их с заданными параметрами. А при помощи триангуляции Делоне возможно построить и натянуть треугольную сетку изображения исходной платы по отверстиям сверления с платой получившейся по факту, что позволит оператору наглядно получить информацию о дефектах и принять правильное решение по компенсации этих деформаций

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант № 23-29-10204.

Список используемых источников:

1. Warp one triangle to another using OpenCV (C++ / Python) // LearnOpenCV: [сайт]. — 2016. — URL: <https://learnopencv.com/warp-one-triangle-to-another-using-opencv-c-python/>
2. Алгоритм поэтапного уточнения проективного преобразования для совмещения изображений / А. И. Ефимов, А. И. Новиков. — DOI 10.18287/2412-6179-2016-40-2-258-265. — Текст: электронный // Компьютерная оптика: электронный журнал. — 2016. — Т. 40, № 2. — С. 258-265. — URL: <https://computeroptics.ru/eng/KO/Annot/KO40-2/400217.html>. — Дата публикации: 21.02.2016

Подход к многофакторному прогнозированию показателей надежности сетевых устройств

Цветков В.Э., Ландер Л.Б., Кононова Н.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Королев П.С.

НИУ ВШЭ, Москва

В современных радиоэлектронных устройствах существует проблема несоответствия результатов расчетной оценки показателей надежности (безотказности) на этапе проектирования с реальной статистикой отказов при эксплуатации на этапе производства. Разница интенсивностей отказов в случае расчета и статистики составляет несколько порядков. Также на этапе проектирования наблюдается завышенная оценка надежности. Причина данного несоответствия заключается в том, что не достигается целевой уровень надежности из-за наличия недостатков в стратегии ее обеспечения.

Цель данной работы заключается в повышении точности оценки показателей надежности сетевых устройств. В ходе исследования были рассмотрены способы расчета надежности таких устройств, проанализированы их недостатки, а также предложен разработанный подход к многофакторному прогнозированию их показателей надежности.

Одним из подходов к оценке показателей надежности сетевого устройства является метод, представленный в американском справочнике MIL-HDBK-217F [1]. Согласно ему, надежность таких устройств учитывает только техническую составляющую. В свою очередь надежность составной части аппаратного обеспечения пропорциональна базовой интенсивности отказов, а также коэффициентам, учитывающим различные факторы, влияющие на надежность.

Однако, данный подход не является корректным в связи с тем, что сетевые устройства помимо аппаратной составляющей имеют в своем составе также программную и сетевую компоненты, надежность которых оказывает не меньшее влияние на их функционирование. Более того, необходимо учитывать влияние таких факторов, как каналы передачи информации, диапазон рабочих частот, режимы модуляции, протоколы, программное обеспечение и другие составные элементы. Это поможет как заказчику, так и разработчику на этапе проектирования подобных устройств оценивать показатели надежности с помощью многофакторной оценки, а не только опираться на техническую надежность оборудования при установке длительности гарантийного периода разработанного устройства.

Более комплексный подход к расчету надежности таких устройств представлен в [2]. Автор предлагает оценивать надежность в целом как произведение надежностей аппаратной части, программной части и человеческого фактора. Для расчета надежности аппаратной части используется выражение из MIL-HDBK-217F. В свою очередь, надежность программной части можно оценить с помощью американского справочника RIAC-HDBK-217Plus [3]. Интенсивность отказов программного обеспечения пропорциональна количеству отказов за определенное время, циклу работы программного обеспечения, задержке при отказе, активации отказов и доле критичных отказов с точки зрения пользователя.

Тем не менее данный метод также не является полным, так как не учитывает сетевую составляющую надежности и в то же время учитывает человеческий фактор, являющийся опциональным в сетевых устройствах.

Проведя анализ недостатков существующих способов расчета надежности, был разработан собственный подход к оценке показателей надежности сетевых устройств. Он заключается в том, что надежность устройства является по сути надежностью его сети. Надежность сети в свою очередь складывается из надежностей узлов и связей. Надежность узлов представляет собой надежность аппаратного и программного обеспечений. Аппаратная составляющая рассчитывается в соответствии со справочником «Надежность ЭРИ» 2006 года или MIL-HDBK-217F. Оценка программной составляющей производится по справочнику RIAC-HDBK-217Plus. На расчет надежности связи влияет используемый тип связи (проводная или беспроводная). При проводном соединении для обеспечения высокого уровня надежности необходимо на этапе проектирования произвести расчет сечения кабеля. Соответственно, при этом виде связи нужно учесть такие факторы, как материал, сечение и длина проводника, существенно влияющие на величину потерь в линии. Если же в устройстве задействована беспроводная связь, то для оценки ее надежности необходимо рассчитать вероятность битовой ошибки (BER) согласно [4]. Более того, при оценке надежности связи в разработанном методе учитываются такие параметры, как рабочий диапазон частот, в котором функционирует устройство, используемый тип модуляции, количество каналов связи, топология сети, а также вид протокола передачи данных.

Таким образом, в ходе данного исследования были рассмотрены существующие подходы к оценке надежности сетевых устройств. Проведенный анализ показал, что данные методы недостаточно эффективны, так как в них учитываются не все составляющие. Данный факт ведет к невозможности достоверного прогнозирования показателей надежности таких устройств на этапах проектирования и разработки. Для решения вышеописанной проблемы в данной работе был предложен собственный метод оценки надежности сетевых устройств, включающий как аппаратную, так и программную и сетевую компоненты. Данный подход позволит автоматизировать и усовершенствовать процессы формирования требований к проектированию и производству устройств и повысить их качество.

Список используемых источников:

1. Military Handbook. Reliability prediction of electronic equipment. MIL-HDBK-217F, 1991.
2. Slavko J. Pokorni. Reliability and availability of the internet of things // Vojnotehnički glasnik / military technical courier. 2019, Vol. 67, Issue 3, pp. 588-600.
3. RIAC-HDBK-217Plus. Handbook of 217Plus Reliability Prediction Models. USA: RIAC, 2006. 170 p.
4. Recommendation ITU-R F.1605. Error performance and availability estimation for synchronous digital hierarchy terrestrial fixed wireless systems. Switzerland: ITU, 2009. 13 p.

Секция №3.4 Системное моделирование, комплексы программ и Web-разработка

Разработка приложения для демонстрации функционирования компьютерной сети

Агапов В.В.

Научный руководитель — Новиков А.Ю.

МАИ, Москва

Бурное развитие IT-отрасли, постоянное появление новых технологий и решений существенно усложняют процесс обучения новых студентов, делая актуальным использование наглядных обучающих методик. В свете этого визуализация и геймификация процесса обучения становятся ключевыми задачами в обучении, так как предоставляют возможность быстрее и намного более продуктивнее усваивать обширный и сложный материал.

Целью работы является разработка приложения для демонстрации функционирования компьютерных сетей, что включает в себя наглядную визуализацию базовых и продвинутых концепций компьютерных сетей, включая такие аспекты, как маршрутизация, коммутация, протоколы передачи данных и методы обеспечения безопасности. Особенностью приложения является применение интерактивных функций: пользователь может самостоятельно настраивать параметры сети, менять схему подключения устройств, а также инициировать различные сетевые события, например, отправку пакетов данных или симуляцию атак.

Технической основой проекта служат веб-технологии, в частности JavaScript, что делает приложение доступным для использования в любом современном веб-браузере без установки дополнительного программного обеспечения.

Уникальность данной разработки заключается в том, что она включает в себя комплексное сочетание визуального представления компьютерных сетей с возможностью прямого взаимодействия пользователя с виртуальной сетевой средой. Отличительная черта — это интуитивно понятное интерактивное окружение, которое позволяет в режиме реального времени наблюдать за процессами маршрутизации, передачи данных и реагированием на разнообразные сетевые события. Образовательный потенциал программы значимо расширяется за счет возможности симуляции различных условий работы сети, включая нагрузки, конфликты и безопасность. Это не только экономит ресурсы при обучении, исключая необходимость создания реальных сетей для изучения, но и предоставляет более широкие возможности для проведения экспериментов и тестов, повышая практическую ценность получаемых знаний.

Внедрение данного приложения в образовательный процесс позволит значительно повысить качество обучения студентов в сфере компьютерных сетей.

Список используемых источников:

1. Скотт А. Д. Разработка на JavaScript. Построение кроссплатформенных приложений с помощью GraphQL, React, React Native и Electron. / Скотт А. Д. — Санкт-Петербург : Издательский дом «Питер», 2021 — 344 с.
2. Таненбаум Э. С., Дэвид У. Компьютерные сети. / Э. С. Таненбаум, У. Дэвид — 5-е издание — Санкт-Петербург : Издательский дом «Питер», 2018 — 960 с.

Разработка визуального редактора электронных сертификатов для проекта «Лаборатория конференций»

Амбарцумова Н.Н.

Научный руководитель — к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

Проведение научных конференций часто сопровождается большим количеством организационных аспектов, большую часть которых целесообразно решать, используя цифровой документооборот [1]. Актуальность проблемы автоматизации создания и обработки документов, в частности сертификатов участников конференций, ставит задачу разработки

гибких и функциональных инструментов, способных обеспечить высокий уровень качества исполнения.

Цель работы — создание визуального редактора, обеспечивающего быстрое и простое создание шаблонов сертификатов с помощью функционального веб-интерфейса для использования в системе «Лаборатория конференций». Редактор позволяет пользователям загружать изображения, выбирать шрифты, добавлять текстовые блоки и позиционировать их, а также импортировать и экспортировать готовые шаблоны для дальнейшей автоматической генерации сертификатов.

Разработанное приложение использует современный стек веб-технологий, что обеспечивает гибкость и широкие возможности для пользователей. Интерфейс редактора реализован в виде трех основных панелей: левая панель служит для управления элементами, центральная панель отображает рабочий шаблон сертификата и позволяет визуализировать внесенные изменения в режиме реального времени, а правая панель содержит инструменты для детальной настройки элементов и выбора стилей.

Особенностью приложения является его универсальность: благодаря адаптивному дизайну оно обеспечивает комфортное использование на всех типах устройств, начиная от персональных компьютеров и заканчивая мобильными устройствами. Также важной чертой данной разработки является возможность масштабирования функционала редактора под индивидуальные потребности организаторов конференций.

Применение данного редактора позволяет значительно сократить время, затрачиваемое на подготовку шаблонов сертификатов, упрощая этот процесс до нескольких кликов мышью. Внедрение данного редактора в инфраструктуру «Лаборатории конференций» обеспечивает повышение качества и уровня автоматизации процессов, связанных с документооборотом.

Список используемых источников:

1. Новиков, А. Ю. Разработка архитектуры интернет-сервиса организации научных мероприятий с автоматизацией документооборота / А. Ю. Новиков, П. П. Кейно, Л. Л. Хорошко // Прикладная информатика. — 2018. — Т. 13, № 4(76). — С. 70–76.
2. Фрэйз Б. HTML5 и CSS3. Разработка сайтов для любых браузеров и устройств. 2-е изд. — СПб.: Питер, 2017. — 272 с.
3. Флэнаган, Дэвид. JavaScript. Полное руководство, 7-е изд. : Пер. с англ. — СПб.: ООО «Диалектика», 2021. — 720 с.

Исследование процессов визуального и функционального тестирования пользовательского интерфейса веб-узлов и разработка фреймворка для его автоматизации

Андреев П.И.

Научный руководитель — Викулин М.А.

МАИ, Москва

При создании IT-проектов ошибки обходятся дорого, это можно наблюдать в авиации, где от качества программного обеспечения могут зависеть человеческие жизни, или, например, в банковской сфере, где ошибки приводят к крупным финансовым издержкам.

Для обеспечения успешной работы и достижения лидирующих позиций на рынке, компания должна иметь стабильный и высококачественный продукт. Важным элементом этого процесса является тестирование, которое позволяет обнаружить и устранить дефекты продукта в кратчайшие сроки. На тестирование тратится значительная часть ресурсов, выделенных на реализацию проекта. Особенно на этапе поддержки уже готового продукта во время регрессионного тестирования, это когда при поставке новой версии продукта нужно протестировать основной функционал на наличие ошибок, связанных с новыми доработками. Этот процесс является трудоемким и может быть автоматизирован для повышения эффективности и снижения затрат.

Разработанный фреймворк позволяет создавать скрипты, которые вместо тестировщика будут проводить тестирование веб-сайта и формировать отчеты о проходах.

В процессе работы было выполнено изучение доступных на рынке решений. Также была проведена оценка эффективности данных решений. После исследования и разработки система была внедрена в одну из российских компаний из банковского сектора. Последующий анализ, проведенный через пол года после внедрения системы, показал, что автоматизация тестирования позволяет организовать постоянную и стабильную проверку качества продукта, исключить ошибки, обусловленные человеческим фактором и сократить общие трудозатраты.

Список используемых источников:

1. Тестирование IT-систем [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/companies/simbirsoft/articles/477670/> (дата обращения: 01.02.2024)
2. Measuring the effectiveness of Test Automation [Электронный ресурс]. URL: <https://www.zucisystems.com/blog/measuring-the-effectiveness-of-test-automation/> (дата обращения: 24.01.2024)
3. Best Practices AT [Электронный ресурс]. URL: <https://katalon.com/resources-center/blog/what-is-automation-testing> (дата обращения: 03.02.2024)

Предиктивная аналитика для прогноза рисков промышленной безопасности

Антонов В.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Нагибин С.Я.

МАИ, Москва

Зонтичные системы интеллектуального мониторинга охватывают весь ландшафт предприятия, всех сфер его деятельности.

В такой постановке мониторинг предприятия с помощью IoT, наблюдая, регистрируя и сравнивая полученные параметры объекта с заданными критериями для определения состояния как элементов, составляющих ландшафт объекта, так и об объекте в целом, не только должен отвечать на вопрос «что случилось», что повлекло за собой это нарушение и «где случилось», но, кроме этого, должен прогнозировать риск изменения состояния объекта для определения и предсказания момента отказа, как отдельных его элементов, так и перехода в критическое состояние всего объекта, в том числе предупреждение чрезвычайных ситуаций, ведущих к повреждению или разрушению объекта, что особенно важно для особо опасных производственных объектов (ОПО), нарушение функционирования которых может привести к серьезным последствиям в виде взрывов, гибели людей и нарушению экологии. Иными словами, с помощью предиктивной (предсказательной) аналитики интеллектуальный мониторинг должен отвечать на вопрос «Что может случиться», т.е. осуществить прогноз и провести оценку риска промышленной безопасности предприятия для предотвращения наступления негативного события. Под риском будем понимать вероятность наступления события, которое может оказать отрицательное воздействие на достижение поставленных целей и повлечь за собой наступление ущерба.

Именно сервис предсказания рисков производственной безопасности является самым востребованным сервисом интеллектуального мониторинга промышленных предприятий является наличие предиктивной аналитики, поскольку по статистике ущерб от аварии на ОПО составляет примерно 130 млн \$.

Кроме того, предиктивная аналитика может быть использована в промышленной безопасности для прогнозирования возможных аварий или инцидентов на основе анализа данных о работе оборудования, производственных процессах, квалификации персонала и других факторах риска, прогнозировать износ и отказы оборудования, проводить маркетинговые исследования, прогнозировать развитие бизнеса.

Набор аналитических модулей и их оркестровка в значительной степени зависят от предметной области предприятия. Поскольку от предметной области предприятия сильно зависит его структура, что, в свою очередь, накладывает ограничения на использование тех или иных методов анализа. Однако набор программ, содержащих инструменты и готовые решения по проблемам прогнозного и математического моделирования поведения сложных нелинейных систем, можно заготовить заранее в виде библиотеки аналитических программ моделирования и анализа временных рядов и прогнозирования их будущих значений.

В рамках создания и развития платформы интеллектуального мониторинга (Платформа Phoenix) разрабатывается библиотека аналитических модулей, которая содержит инструменты и готовые решения по проблемам прогнозного и математического моделирования поведения сложных нелинейных систем, а также системы распознавания изображений.

Данная библиотека имеет модульную структуру. Каждый модуль отвечает за конкретные функции.

Данная библиотека программных модулей первоначально являлся системой для анализа временных рядов. Целью настоящей работы на первом этапе явились необходимость расчета динамических границ у сигналов, а также для множества сигналов в замкнутой системе делать прогноз по одному из них.

Кроме того, был разработан программный модуль запуска алгоритмов по определенному правилу. Например, запуск алгоритма по расписанию или сообщением от сервиса, а также в создании удобного сервиса для настройки считывания данных из разных источников (файл, база данных и др.) Дополнительно к этому разработаны программы визуализации результатов выполнения алгоритма и промежуточных результатов в разных форматах (графики, таблицы, и т.д.). В разработанных программах появилась была реализована возможность использовать существующую библиотеку Платформы Phoenix, которая получила рабочее название MADA, по принципу no-code, чтобы ML-инженер и аналитик данных, не имеющий опыт в программировании, смог использовать эту библиотеку без обращения к системному аналитику.

В дальнейшем данная разработанная система может развиваться в инструмент MLOps, так как предиктивная аналитика часто используется для принятия решений на основе моделей машинного обучения, а MLOps помогает управлять процессом создания и обновления этих моделей.

Список используемых источников:

1. Харенслак Б., де Руйтер Дж. ApacheAirflow и конвейеры обработки данных / пер. с англ. Д. А. Беликова. — М.: ДМК Пресс, 2021. — 502 с.
2. Эндриу Дж. Песелгис Поточковая обработка данных. Конвейер реального времени / пер. с. англ А.А.Сликин — М.: ДМК Пресс, 2018. 218 с.
3. Остроух А.В. О79 Интеллектуальные системы / А.В. Остроух. — Красноярск: Научно-инновационный центр, 2015. — 110с.
4. Интеллектуальные информационные системы: Интеллектуальная информационная технология. Экспертные системы: Учеб. пособие / Д. В. Гаскаров, Д. В. Сикунер, В. В. Фомин, И. К. Фомина. СПб.: СПбГУВК, 2004. 362 с.

Разработка архитектурных решений для создания онлайн сервиса по развертыванию типовых веб-сайтов научных конференций

Астахов К.А., Морозова А.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

Современная научная среда стремительно развивается, и проведение научных мероприятий становится неотъемлемой частью этого процесса. Создание веб-сайтов для научных мероприятий является важным элементом успешной организации и популяризации мероприятий. В данной работе рассматривается идея разработки интернет-сервиса, позволяющего легко и быстро создавать типовые сайты для научных мероприятий.

Актуальность, разрабатываемого интернет-сервиса для развертывания типовых сайтов научных мероприятий, объясняется несколькими важными факторами:

- 1) Современная диджитализация.

В современном мире диджитализация стала неотъемлемой частью организации событий. Создание веб-сайтов является одним из ключевых элементов современной коммуникации и

информационной публикации. Он предоставляет участникам мероприятий быстрый и удобный доступ к информации.

2) Сокращение времени и ресурсов.

Традиционное создание веб-сайтов может быть сложным и затратным процессом, требующим навыков разработки и дизайна. Интернет-сервис для создания сайтов определенного формата позволяет экономить время и ресурсы организаторов мероприятий.

3) Доступность.

Сервисы для создания сайтов делают эту технологию доступной для широкого круга пользователей. Даже люди без специальных знаний в веб-разработке могут создать профессионально выглядящий сайт для своего мероприятия.

4) Снижение ошибок и обновление информации.

Интернет-сервисы предоставляют удобные инструменты для редактирования и обновления информации на сайте. Это помогает избежать ошибок в расписании и предоставлении актуальной информации.

5) Усиление профессионального восприятия.

Данный интернет-сервис обладает всеми необходимыми инструментами для создания сайта, имеющего привлекательный дизайн и необходимый функционал для сайта с такой спецификой.

Основной функционал данного сервиса отображен в следующих пунктах:

1) Выбор шаблона. Возможность выбора из разнообразных шаблонов сайтов, предназначенных специально для научных мероприятий. Шаблоны могут предоставлять разные дизайнерские решения и структуры.

2) Персонализация. Возможность настройки дизайна, включая выбор цветовой схемы, загрузку собственного логотипа и изменение основных элементов дизайна.

3) Удобный редактор контента. Интуитивный редактор для добавления и редактирования информации о мероприятии, включая описание, расписание, информацию о спикерах, абстракты и т.д.

4) Управление участниками. Панель управления для организаторов с информацией о зарегистрированных участниках и возможностью связи с ними.

5) Автоматизация обновления информации. Возможность настройки автоматического обновления информации, такой как расписание, новости или изменения в программе мероприятия.

6) Аналитика и статистика. Возможность отслеживания статистики посещаемости сайта, регистраций, платежей и других важных метрик.

Разработка интернет-сервиса для развертывания типовых сайтов научных мероприятий является важным шагом в современной организации научных и образовательных событий. Этот инновационный подход позволит сделать процесс создания веб-сайтов более доступным, эффективным и удобным для всех участников научных мероприятий. Развитие такого сервиса может способствовать расширению научных и образовательных инициатив, улучшению их качества и повышению их видимости в мире.

Список используемых источников:

1. Варгезе, III. — "Web Development with Go: Building Scalable Web Apps and RESTful Services" — O'Reilly Media — 2015 — 306 с.

2. Чанг, С. III. — "Go Web Programming" — Manning Publications — 2017 — 312 с.

3. Клеппманн, М. — "Designing Data-Intensive Applications" — O'Reilly Media — 2017 — 614 с.

Разработка компьютерных моделей, параметризуемых с использованием баз данных

Басова А.Н., Волчкова А.С.

Научный руководитель — Харитonenков А.И.

МАИ, Москва

Развитие современных технологий требует постоянного совершенствования инструментов и методов проектирования. Одним из ключевых направлений является создание компьютерных моделей, которые могут быть параметризованы с использованием баз данных. В этом контексте особое внимание привлекает методика разработки моделей в программном комплексе T-Flex.

T-Flex представляет собой мощный инструмент для проектирования, который позволяет инженерам создавать сложные трехмерные модели с высокой степенью детализации. Однако, для повышения эффективности проектирования и ускорения процесса разработки, необходимо использовать параметризацию моделей с привлечением баз данных.

Использование баз данных в T-Flex позволяет хранить и управлять различными параметрами моделей. Это может быть полезно в случаях, когда необходимо создать множество вариаций модели с различными характеристиками или провести анализ зависимостей между параметрами. База данных может содержать информацию о материалах, размерах, свойствах и других характеристиках компонентов модели.

Одним из преимуществ такого подхода является возможность автоматизировать процесс изменения параметров модели и быстро получать обновленные варианты. Например, если изменяются технические характеристики материала или требования к конструкции, можно легко изменить соответствующие записи в базе данных, а затем автоматически обновить все модели, зависящие от этих параметров.

Кроме того, использование баз данных в T-Flex позволяет легко осуществлять управление версиями моделей и сохранять историю изменений. Это обеспечивает более эффективную работу над проектами и улучшает возможности совместной работы между различными участниками команды.

В целом, разработка компьютерных моделей, параметризуемых с использованием баз данных в T-Flex, представляет собой важный этап в совершенствовании процессов проектирования. Этот подход позволяет повысить эффективность работы инженеров, сократить время на создание и обновление моделей, а также обеспечить более гибкое управление параметрами и версиями проектов.

Список используемых источников:

1. А. Степаненко Программный комплекс T-Flex CAD. Создание трехмерных моделей. — Интернет-Университет Информационных Технологий, 2019

2. J. Zhang, S. Park, "Parametric Modeling with Autodesk Inventor". Publisher: SDC Publications, 2018.

3. И. Иванов, «Проектирование в CAD-системе T-Flex». Издательство «Техносфера», 2020 год.

Реализация системы структуризации получаемых экспериментальных данных в едином информационном пространстве

Бачурин Д.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Балакирев Н.Е.

МАИ, Москва

При исследованиях, связанных с распознаванием информационного содержания, основанного на качественном подходе, требуется проведения громадного количества натуральных экспериментов, доказывающих правильность выбранных структур и процедур. Кроме этого само исследование ведется по множеству уровней и множеству исходных файлов большого объема. Всё это требует напряженного внимания и скрупулёзности в

последовательности действий. Но так или иначе ошибки неизбежны, и они нарастают с расширением исследований.

И процедуры, и файлы, которые выстраиваются в некоторую цепочку при обработке, скриншоты осциллограмм, сопроводительная документация составляют единое информационное пространство эксперимента (ЕИПЭ) [1].

Понятно, что любая автоматизация в этом направлении способствует ускорению исследований, избавляет от рутины отслеживания ЕИПЭ на предмет целостности и непротиворечивости.

При проведении экспериментов по извлечению информационного содержания волн, в том числе со звуковыми волнами, имеется специальный инструмент [3], который позволит эффективно работать с данными, параметризовать и сегментировать звуковой поток, а также отслеживать историю изменений файлов и их параметров в процессе экспериментов. Одним из важных аспектов является возможность мониторинга процесса эксперимента [2]. Инструмент позволяет исследователям отслеживать изменения в звуковом потоке, параметрах файлов и других характеристиках данных, что обеспечивает быструю реакцию на любые изменения и помогает предотвратить возможные ошибки или непредвиденные ситуации. Кроме того, инструмент позволяет проводить сравнительный анализ между исходными данными и результатами эксперимента, благодаря чему исследователи могут более точно оценить влияние внесенных изменений на звуковые данные и их характеристики. Такой подход помогает выявить закономерности и тенденции в изменении параметров звукового потока.

В рамках данного инструмента необходимо обеспечить единую систему поддержки ЕИПЭ, с помощью которой экспериментатор мог бы отслеживать ход эксперимента, корректировать последовательность эксперимента и при получении результатов выделять из системы ЕИПЭ для автономного размещения в других программных комплексах в качестве инструментария. Наряду с этим требуется обеспечить наглядность строения ЕИПЭ с использованием 3-х мерной графики и средствами поиска нужной информации.

Список используемых источников:

1. Балакирев Н.Е., Евсеева М.В., Нгуен Хоанг Зуй, Фадеев М.М. Новые подходы в создании инструментария для исследований информационного содержания волн // Интеллектуальный анализ сигналов, данных и знаний: методы и средства: Сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием им. В.В. Губарева (Новосибирск, 11-13 декабря 2018 г.). — Новосибирск, 2018. — С. 22–28.

2. Структуризация и качественное рассмотрение звукового потока в системе синтеза и анализа речи / Н. Е. Балакирев [и др.] // Программные продукты и системы. — 2018. — №4. — С. 768–776.

3. Фадеев М. М., Балакирев Н. Е. Система обеспечения извлечения информационного содержания волн: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023688814 РФ; Зарег. 25.12.2023.

Оптимизация мелкосерийного производства с применением имитационного моделирования и нейронных сетей архитектуры DDPG

Беляев С.И.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Кузнецов П.М.

МАИ, Москва

Переход от массового к мелкосерийному производству является ответом на увеличивающуюся конкуренцию и растущий спрос на индивидуализированные товары, что приводит к расширению ассортимента при уменьшении размеров партий. В этом контексте, время, необходимое для технологической подготовки производства, учитывая уже запланированные задания, становится ключевым фактором, превосходящим другие аспекты перехода к выпуску новой продукции [1]. Это порождает необходимость уменьшения времени на поиск оптимальной загрузки доступного оборудования для планируемого периода.

Для задач оптимизации мелкосерийного производства часто применяется имитационное моделирование [2], в частности его дискретно-событийный вид (ДСИМ). Этот тип моделирования позволяет точно отобразить процессы производства, включая случайные события, изменения в очередях, перерывы в работе оборудования и изменения в загрузке рабочей силы.

Мелкосерийное производство характеризуется быстрой сменой задач, необходимостью частой перенастройки оборудования и переменным спросом. Также, мелкосерийное производство подвержено различным формам неопределенности, таким как колебания спроса, сроки поставок материалов и отказы оборудования. ДСИМ позволяет инкорпорировать эти факторы в модель, предоставляя возможность разработки стратегий для минимизации рисков и управления неопределенностью [3].

ДСИМ позволяет не только моделировать текущее состояние процессов, но и оценивать потенциальные результаты внедрения новых технологий, изменения порядка выполнения работ, обновления оборудования или изменения в логистике. Это дает возможность принимать обоснованные решения до внесения реальных изменений в производственную систему.

Традиционные методы оптимизации, такие как линейное программирование и методы решения дискретных задач, часто предполагают упрощение модели или работу только с дискретными переменными. Также, возникают проблемы при работе с большими данными и обучением на предшествующем опыте. Все эти проблемы могут быть решены при помощи использования технологии глубокого обучения. В частности, сети архитектуры Deep Deterministic Policy Gradients (DDPG) [4] подходят для решения задачи оптимизации мелкосерийного производства.

DDPG — это алгоритм обучения с подкреплением, который сочетает в себе преимущества методов градиентного спуска с точным определением политик (deterministic policy) и технику глубокого обучения для работы с непрерывными действиями в большом пространстве признаков. В этом контексте имитационное моделирование предоставляет динамическую среду, которая отражает реальное производство с его ограничениями и многомерными оптимизационными задачами. Агент DDPG обучается, взаимодействуя с этой средой, стремясь оптимизировать производственные процессы, максимизируя кумулятивное вознаграждение выраженное в максимизации или минимизации целевой функции.

В ходе исследования была создана имитационная модель в среде AnyLogic, которая послужила основой для обучения нейронной сети DDPG архитектуры. Анализ полученных результатов показал эффективность применения нейронных сетей для оптимизации загрузки оборудования в условиях мелкосерийного производства, демонстрируя потенциал улучшения работы систем автоматизированного управления технологическими процессами (АСУ ТП) и систем автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП).

Список используемых источников:

1. Типнер Л. М., Исакова Н. Р. Проблемы организации в условиях единичного и мелкосерийного производства // Экономика и бизнес: теория и практика. — 2019. — №. 5–3. — С. 97–102.
2. Махитко В. П., Хаймович И. Н., Клентак А. С. Имитационное моделирование в мелкосерийном производстве // Вестник Самарского муниципального института управления. — 2019. — №. 3. — С. 17–25.
3. Дигрис А. В. Дискретно-событийное моделирование. — 2011.
4. Silver D. et al. Deterministic policy gradient algorithms // International conference on machine learning. — Pmlr, 2014. — С. 387–395.

Разработка web-приложения визуальной работы с форматами дат на различных языках программирования

Богатова А.А.

Научный руководитель — Новиков А.Ю.

МАИ, Москва

В современном мире работа с датами является важной частью многих информационных систем и приложений. Однако, не всегда пользователи могут правильно определить необходимый формат даты или корректно его указать. Это может привести к ошибкам и неудобствам при работе с данными.

Для того чтобы упростить работу с датами, было создано web-приложение, которое позволяет визуально работать с форматами дат. Данное приложение поможет пользователям быстро и легко изучить возможные форматы дат, а также генерировать необходимый формат даты. Приложение представляет собой визуальный конструктор, в котором пользователи смогут легко создавать и изменять форматы дат, выбирая необходимые блоки (день, месяц, год, время и т.д.) и компоуя их в нужной последовательности. После того как пользователь расставил компоненты в нужном порядке, приложение генерирует готовую строку кода на PHP, которая представляет выбранные компоненты и их порядок. Это предоставляет пользователю готовый код для использования в своих проектах.

Приложение было разработано с использованием HTML, CSS и JavaScript. HTML и CSS использовались для создания структуры и визуального отображения приложения, а JavaScript обеспечил его динамичность и функциональность. Таким образом, приложение обеспечивает удобный и интуитивно понятный интерфейс, который позволяет пользователям легко выбирать и устанавливать нужные элементы, и затем настраивать их порядок.

Разработка приложения проводилась с учетом обучающего аспекта. Удобный интерфейс приложения позволяет пользователям не только создавать различные форматы вывода даты и времени, но и обучаться особенностям работы с датами в PHP, при этом процесс генерации кода может быть адаптирован для других языков, что делает его более универсальным для широкого круга разработчиков. Приложение позволяет производить эксперименты с форматами и сразу же видеть результат в виде генерируемого кода.

Также в приложении были реализованы другие полезные функции, которые помогут пользователям работать с временем. Так, например, калькулятор дат позволяет пользователям вычислять точную разницу между двумя заданными датами. Например, пользователи могут узнать сколько времени прошло между двумя важными событиями, сколько дней до дня рождения или сколько времени осталось до предстоящего мероприятия. Калькулятор обеспечивает гибкость в выборе единиц измерения (дни, часы, минуты и секунды) для удобства пользователя. Также можно узнать количество секунд с unix-эпохи: Unix-эпоха — это система отсчета времени, начинающаяся с 1 января 1970 года. С помощью этой функции пользователи могут узнать количество секунд, прошедших с этой даты до указанного момента времени.

Практическое применение приложения заключается в возможности быстрого создания и настройки форматов даты и времени для своих проектов. Пользователи могут избежать сложностей, связанных с ручным написанием соответствующего кода и упростить процесс работы с датами и временем. Приложение становится полезным инструментом как для обучения, так и для повседневной практической работы с датами и временем.

Список используемых источников:

1. Флэнаган Д. JavaScript. Полное руководство. 7-е издание // М.: Диалектика. — 2021.
2. Ranjan A., Sinha A., Battewad R. JavaScript for modern web development: building a web application using HTML, CSS, and JavaScript. — BPB Publications, 2020.

Использование веб-технологий для демонстрации результатов 3D-моделирования в современных программных средствах

Бондаренко В.Д., Лавринов М.А., Павлова А.В.

Научный руководитель — Каратаева Е.С.

Ступинский филиал МАИ, Ступино

Интернет-ресурсы являются неотъемлемой частью нашей жизни, они используются для получения определённой информации, например, новостей или навигации.

Основная идея проекта — презентация интерактивной экскурсии, созданной на игровом движке UE5 по усадьбе Семёновское-Отрада посредством методов 3D-разработки. Существующие решения аналогичных проектов чаще всего демонстрируют только 3D-рендеры, без сравнения с реальными фотографиями объектов или местности.

Усадьба Семёновское-Отрада находится на территории Ступинского городского округа. На данный момент основное здание находится в аварийном состоянии. Сама усадебная территория является одной из самых крупных в Московской области и была сформирована в XVIII–XIX вв., во времена Екатерининского правления.

Данный сайт разрабатывался по макету, который был предварительно спроектирован на платформе Figma. Он состоит из нескольких страниц: титульной и страниц с основной информацией. Проект создавался посредством использования языка разметки HTML, стилизации CSS и добавления функционала с помощью JavaScript (библиотеки JQuery).

Проект адаптирован под все устройства пользователей вплоть до разрешения 1136x640 пикселей включительно. Благодаря JQuery были созданы так называемые слайдеры «до и после», а также — скрипт отслеживания нажатия курсора на определенный блок, в нашем случае — выпадающее меню.

На одной из страниц присутствует карта местности для предоставления местоположения усадебной территории.

Созданный веб-сайт позволяет получить информацию об усадьбе, сути проекта по её моделированию, а также ознакомиться с фотографиями территории и им соответствующими 3D-рендерами.

Список используемых источников:

1. Алексеев А. П. Введение в Web-дизайн. Учебное пособие. — М.: Солон-Пресс, 2021. — 184 с.
2. Нильсен Я. Веб-дизайн: книга Якоба Нильсена / Я. Нильсен. — М.: Символ, 2015. — 512 с.
3. Петроченков А., Новиков Е. Идеальный Landing Page. Создаем продающие веб-страницы. — СПб.: Питер, 2017. — 320 с.

Использование языка C# для разработки агентно-ориентированных экономических моделей

Борисова Е.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бутко А.О.

МАИ, Москва

При разработке экономических моделей зачастую допускается уменьшение сложности или масштаба модели с целью достижения адекватного времени моделирования на доступных исследователю вычислительных ресурсах. Итоговая погрешность расчетов в таких случаях тем значительнее, чем больше модель, что затрудняет прогнозирование экономической ситуации на уровне региона, страны. По этой причине вопрос выработки подходов к снижению этой погрешности является актуальной научно-технической задачей.

При условии отсутствия возможности использования технологии распределенных вычислений, поиск решения сводится к выбору методов и инструментов реализации модели. Эта работа посвящена анализу использования языка программирования C# в качестве инструмента для реализации агентной экономической модели.

Наиболее широко используемые среды для агентно-ориентированного моделирования, такие как AnyLogic, Repast Simphony, MASON и т.п., располагают относительно несложными в освоении конструкциями, созданными специально для моделирования, однако ограничивающими возможности доработки типовых решений под специфические требования и нестандартные задачи: для полноценной работы в любой из приведённых сред требуется освоение языка программирования Java [1,2]. Часто такие среды предлагают возможность удобной работы с графическим представлением процесса и результатов моделирования, однако больше предназначенном для моделирования поведения небольшого числа агентов. Также число агентов может быть ограничено условиями использования программы.

Все приведённые выше недостатки приводят к идее использовать языки программирования, поддерживающие объектно-ориентированное программирование для реализации агентно-ориентированного подхода, вне предназначенной исключительно для моделирования среды. Это позволит контролировать вес всех используемых переменных, что положительно скажется на точности модели [3], а также вносить в модель любые необходимые изменения. Самым распространённым в средах для агентного моделирования и соответственно самым удобным для перехода для разработчиков моделей является Java. С# обладает схожими особенностями и синтаксисом, однако в сравнении с Java часто показывает лучшую производительность из-за особенностей компиляции кода [4]. Это очень важно для решения проблемы снижения точности, поскольку позволяет использовать большее число агентов при равном времени моделирования. Также в настоящий момент этот язык активно развивается, существуют библиотеки для работы с графическим представлением данных в Unity3D для агентно-ориентированного моделирования. Для более интерактивных моделей или моделей, не требующих сложной графики, у .NET имеется фреймворк WPF, поддерживающий язык разметки XAML, что позволяет с использованием среды Visual Studio создавать впечатляющее графическое сопровождение для более масштабных моделей.

Решение задачи выбора методов и инструментов для разработки агентных экономических моделей откроет новые перспективы в области моделирования экономических процессов, а также сделает сложные модели более доступными для исследователей.

В дальнейшем в рамках исследования применения С# в качестве инструмента для агентно-ориентированного моделирования планируется разработать экономическую модель с использованием этого языка и на практике оценить его возможности в решении задачи снижения погрешности расчетов.

Список используемых источников:

1. Якимов И.М., Кирпичников А.П., Трусфус М.В., Мокшин В.В. Сравнение систем структурного и имитационного моделирования AnyLogic, ExtendSim, Simulink // Вестник Казанского технологического университета. 2017. №15.
2. Якимов И.М., Кирпичников А.П., Трусфус М.В. Имитационное моделирование в системе Repast Simphony // Вестник Казанского технологического университета. 2016. №22.
3. Брагин Алексей Владимирович, Бахтизин Альберт Рауфович Особенности реализации больших экономических моделей // π-Economy. 2023. №3.
4. Anastasia Grishina, Roman Ogolikhin Java vs. C#: What is the best choice for your project?: [Электронный ресурс] — 2023. URL: <https://softteco.com/blog/java-vs-csharp>

Разработка приложения для противодействия программной подмены геолокационных данных смартфона на базе ОС Android

Борщенко Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Рошин А.Б.

МАИ, Москва

Одними из наиболее популярных приложений являются приложения, использующие геолокационную информацию. По данным геолокации можно определить, кто из пользователей, в какое время и где находился [1]. Очевидно, что не всем хочется делиться

такой конфиденциальной информацией, поэтому мобильные разработчики предложили выход — приложения фиктивных местоположений.

Такие приложения несут в себе потенциальную проблему: например, подросток может установить приложение для подмены своей геолокации, чтобы родителям было трудно его отслеживать [2]. Известны также факты использования приложений для подмены геолокационных данных водителями такси: крупные онлайн-агрегаторы такси обнаружили, что водители могут использовать приложения, позволяющие изменять фактические координаты автомобиля с целью получения более выгодных заказов [3].

Главной задачей разрабатываемого приложения является противодействие программной подмене геолокационных данных смартфона на базе ОС Android. Подобное приложение позволит минимизировать или исключать факты программной подмены геолокации и избегать неприятных ситуаций.

К сожалению, существуют исключительно программные способы подмены геолокационных данных, основанные на особенностях операционных систем мобильных устройств. Например, Android разрешает установку так называемых приложений для подмены местоположения. В ходе анализа существующих методов в классах Android API, в частности, `android.location`, было обнаружено, что в классе `LocationManager` существует ряд методов, позволяющих обнаруживать и, в определенных случаях, отклонять поддельные местоположения, если они выставляются определенным приложением в Android [4].

Для исключения возможности использования фиктивных геолокационных данных, в прототипе приложения реализован метод, осуществляющий проверку всех приложений мобильного устройства с параметром `LOCATION_SERVICE` на предмет установки фиктивного провайдера геолокационных данных: как GPS, так и NETWORK. В случае обнаружения приложения-провайдера фиктивных геоданных, происходит удаление фиктивного провайдера и добавления нового с параметрами ГНСС, получаемыми с ГНСС-модуль мобильного устройства.

Разработанный прототип приложения полностью решает поставленную задачу — обнаруживает факт подмены геолокационных данных, фиксирует приложение, которое осуществляет подмену геоданных и осуществляет сброс провайдера геолокационных данных.

Результаты разработки подобного приложения видятся актуальными и могут быть использованы с целью получения корректных фактических геолокационных данных смартфонов на базе ОС Android.

Список используемых источников:

1. Приложения фиктивных местоположений — что это и зачем нужно? [Электронный ресурс]. URL: https://dzen.ru/a/Yrq19g5ZUioOE_hT (Дата обращения: 27.02.2024)
2. Критика: GPS-трекер на ребёнке — это вмешательство в личную жизнь [Электронный ресурс]. URL: <https://vc.ru/promo/256024-where-is-your-kid> (Дата обращения: 27.02.2024)
3. Сервисы такси уличили водителей в использовании фальшивых GPS-данных ради выгодных заказов [Электронный ресурс]. URL: <https://vc.ru/flood/17321-fake-gps> (Дата обращения: 27.02.2024)
4. `LocationManager` [Электронный ресурс]. URL: <https://developer.android.com/reference/android/location/LocationManager> (Дата обращения: 27.02.2024)

Разработка серверной части информационной системы сбора обратной связи

Варыгин Р.А., Сайдалиева Д.Р., Егоркина А.Е.

Научный руководитель — Сокольский А.М.

МАИ, Москва

Разработка информационной системы сбора обратной связи является важной задачей для реализации запросов образования и коммуникации в эпоху цифровизации. Backend-разработка играет ключевую роль в обработке данных и взаимодействии с ними, а также имеет решающее значение для стабильности и надежности сервиса.

Для создания такого продукта была выбрана трехуровневая (трехзвенная) архитектура, которая является распространенным подходом к организации взаимодействия между

компонентами информационной системы. В этой архитектуре система разделяется на три уровня: уровень представления, бизнес-логики и доступа к данным.

Полностью изолированные от базы данных пользовательские интерфейсы, обеспечивающие интерактивную коммуникацию между студентом (преподавателем) и системой, располагаются на уровне представления и реализованы следующими средствами: ReactJS, HTML5, CSS3, Webpack.

Слой бизнес-логики использует такие технологии как Node.js, Express, Sequelize ORM, REST API и позволяет получать и модифицировать информацию, передавая HTTP-вызовы через интернет. На этом уровне программное обеспечение способно оперировать данными из хранилища посредством команд, обеспечивать безопасность передаваемой информации, создавать новые сущности или изменять уже существующие, а также удалять материалы, которые больше не нужны.

Уровень доступа к данным отвечает за формализацию необходимой для удовлетворения требований современного образования информации. Используемая реляционная база данных MySQL обрабатывает пришедший с предыдущего уровня вызов и отвечает на него в соответствии с содержащимися в ней сведениями. Функциональность данного уровня реализуется с помощью структурированного языка запросов SQL.

В ходе работы были выполнены следующие задачи:

1. Организация регистрации и авторизации пользователей
2. Безопасное хранение конфиденциальной информации студентов и преподавателей
3. Обработка запросов по прохождению студентами опросов по учебным дисциплинам
4. Демонстрация анонимных результатов опросов, комментариев по предметам всех курсов

5. Составление рейтинга преподавателей на основе данных, полученных от студентов
- Список используемых источников:

1. Архитектура информационных систем — URL: https://kpfu.ru/staff_files/Arkhitektura_informacionnykh_sistem.pdf (дата обращения: 28.02.2024)
2. Официальная документация Node.js — URL: <https://nodejs.org/docs/latest/api/> (дата обращения: 28.02.2024)

Разработка ПО системы автоматизированной раскладки внутриблочных жгутов космических ЛА

Веловатый К.Е., Родин Ф.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Хомутская О.В.

МАИ, Москва

Современные космические летательные аппараты и авиационная техника состоят из множества блоков и компонентов, соединение которых происходит жгутами проводов. Жгут — совокупность электрических проводов, связанных вместе.

В настоящее время жгуты раскладываются вручную. Временные затраты на изготовления жгута таким способом велики. Ввиду человеческого фактора, при ручной раскладке часто допускаются ошибки в виде неправильных соединений. Основными проблемами являются значительное время изготовления и финансовые затраты, а также качество изделий.

В качестве решения проблемы предлагается аппаратно-программный комплекс, состоящий из портала-раскладчика и специализированного программного обеспечения (ПО).

ПО подразделяется на две составляющие:

1. ПО для управления порталом-раскладчиком
 2. Информационная система (ИС) подготовки и редактирования проектов жгутов
- В данной работе рассматривается ИС подготовки и редактирования проектов жгутов. Для реализации ИС выбрана клиент-серверная архитектура. ИС состоит из двух модулей:
1. Сервера (Python FastAPI, NetworkX, PostgreSQL)
 2. Клиентского веб-приложения (Vue.js, Cytoscape.js)

Данная архитектура позволяет обеспечить кросс-платформенность и масштабируемость решения.

Система выполняет следующие функции:

1. Импорт конструкторской документации (КД) на жгут из САПР (КОМПАС-3D и T-FLEX CAD)
2. Редактирование геометрии и конфигурации жгута для размещения его на портале-раскладчике
3. Создание управляющих программ для порталов-раскладчиков
4. Контроль версий проектов жгутов
5. Работа с библиотекой специальных имитаторов разъемов

Жгут представлен в системе в виде ненаправленного графа. Такой подход позволяет наиболее точно и просто представить раскладку жгута в математическом виде. Общие точки проводов являются вершинами графа, а пути, по которым идут провода — ребрами. При этом, если по одной трассе проходят несколько проводов, в целях упрощения вычислений, для них создается только одно общее ребро.

При импорте КД на жгут из САПР рассматриваются все трассы проводов жгута. Производится поиск общих точек и трасс проводов, округление их координат до сетки портала-раскладчика. Информация (раскладка, дата создания, автор и др.) записывается в версию проекта жгута.

В веб-интерфейсе осуществляются следующие операции:

1. Поворот части жгута и перемещение жгута по рабочему полю портала-раскладчика с сохранением геометрии
2. Добавление и удаление вершин (стоек)
3. Установка специальных имитаторов разъемов на концы проводов
4. Ручное редактирование жгута без сохранения геометрических параметров
5. Работа с проектами жгутов и их версиями

При экспорте раскладки жгута для портала-раскладчика, система на основе информации о графе и назначенных имитаторах разъемов создает управляющую программу и сопроводительную документацию к жгуту.

В результате проделанных работ создана математическая модель жгута для представления в ИС. Реализована ИС, позволяющая редактировать, отслеживать версии и производить подготовку проектов жгута к автоматизированной раскладке. Это позволяет оптимизировать процесс подготовки жгутов к раскладке, ускоряя и упрощая работу технологов.

Список используемых источников:

1. Graph theory (network) library for visualisation and analysis. — Текст : электронный // Cytoscape.js : [сайт]. — URL: <https://js.cytoscape.org/> (дата обращения: 10.02.2023).
2. NetworkX — Документация. — Текст : электронный // NetworkX Python : [сайт]. — URL: <https://networkx.org/documentation> (дата обращения: 10.02.2023).
3. Биктулов С. В. Разработка технологичных электрических жгутов бортовых кабельных сетей / С. В. Биктулов. — Текст : непосредственный // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2016. — № 4(3). — С. 597–603.

Разработка системы автоматизированной настройки сервисов с заданным уровнем безопасности

Виноградов И.В.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Мокряков А.В.

МАИ, Москва

В современном мире информационных технологий безопасность приложений и сервисов играет ключевую роль. Развитие технологий автоматизации и контейнеризации, таких как Kubernetes, открывает новые возможности для эффективного развертывания и управления приложениями. На сегодняшний день существует ряд инструментов и практик для

обеспечения безопасности в средах контейнеризации, таких как управление доступом, сетевая политика, мониторинг безопасности и другие. Однако многие из них требуют ручной настройки и могут быть недостаточно гибкими для конкретных потребностей разработчика. Целью данной работы является разработка программного обеспечения, которое автоматизированно настраивает сервисы в контейнерной среде с учетом выбранного разработчиком языка программирования, сценария развертывания и заданного уровня безопасности. Это позволит упростить процесс развертывания приложений и обеспечить их безопасность. Для достижения поставленной цели используется подход, основанный на интеграции с Kubernetes API для управления контейнерами и ресурсами, а также использовании инструментов для настройки безопасности, таких как механизмы авторизации, сетевые политики и мониторинг уязвимостей. Программное обеспечение разрабатывается с учетом гибкости и расширяемости для адаптации к различным потребностям пользователей. Для обеспечения еще более надежной и безопасной работы приложений в контейнерной среде, в разрабатываемом программном обеспечении также настроена система мониторинга. Эта система непрерывно отслеживает состояние Kubernetes кластера и контейнеров, а также следит за использованием ресурсов и обнаруживает любые аномалии или проблемы, такие как отказы узлов, нехватка ресурсов или несоответствие установленным параметрам. В случае возникновения проблем система мониторинга автоматически отправляет уведомления разработчику, предоставляя детальную информацию о проблеме. Это позволяет разработчикам быстро реагировать на любые проблемы с инфраструктурой Kubernetes и поддерживать высокий уровень доступности и производительности своих приложений.

Список используемых источников:

1. Burns B. et al. Kubernetes: up and running. — "O'Reilly Media, Inc.", 2022.
2. Mondal S. K. et al. Kubernetes in IT administration and serverless computing: An empirical study and research challenges //The Journal of Supercomputing. — 2022. — С. 1–51.
3. Шуляк А. В., Савенко А. Г. Использование систем API Gateway для оптимизации автомасштабирования приложений в оркестраторе Kubernetes. — 2022.

Анализ финансовых активов и инвестиционных портфелей на основе средств алгоритмического анализа и нейросетей

Витюк Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бутко А.О.

МАИ, Москва

Анализ финансовых активов — область, в которой за последние годы произошел значительный технологический прогресс: все чаще используются инструменты алгоритмического анализа и нейронные сети. Теперь аналитики могут применять сложные математические модели к огромным объемам данных для выявления закономерностей, тенденций и корреляций, которые могут быть использованы для принятия инвестиционных решений.

Эти новые подходы к анализу финансовых активов способны произвести революцию в данной области, позволив аналитикам выявлять ранее не распознанные возможности, снижать риски и принимать более обоснованные инвестиционные решения. Однако работа с большими данными и построение надежных моделей машинного обучения по-прежнему сопряжены со значительными трудностями, поэтому данная область постоянно развивается.

Однако одной из самых больших проблем в анализе финансовых активов является сложность и недоступность методов, упомянутых ранее, таких как инструменты алгоритмического анализа и нейронные сети.

Для рядового пользователя навигация по сложным финансовым данным и принятие обоснованных инвестиционных решений может оказаться сложной задачей. Поэтому важно создавать удобные финансовые платформы, обеспечивающие легкий доступ к высококачественной финансовой информации, аналитике и персонализированным

инвестиционным рекомендациям, позволяющим пользователям принимать взвешенные инвестиционные решения, соответствующие их финансовым целям и допустимому риску.

Цель работы — создание финансовой платформы, предоставляющей пользователю удобный интерфейс и использующей возможности алгоритмического анализа и нейронных сетей для процесса принятия инвестиционных решений.

Платформа направлена на:

Повышение эффективности принятия решений: применяя передовые аналитические методы к финансовым данным, платформа может помочь пользователям принимать более обоснованные инвестиционные решения.

Управление рисками: эти инструменты помогут пользователям выявлять и снижать потенциальные риски в своих портфелях, уменьшая вероятность потерь и увеличивая доходность.

Персонализация: анализируя портфели отдельных пользователей, проект может предоставлять персональные инвестиционные рекомендации, учитывающие их конкретные финансовые цели и допустимый риск.

Оценку перспективности: по мере развития финансовой сферы эти инструменты и методы будут оставаться актуальными и ценными, обеспечивая долгосрочный потенциал успеха проекта.

Хотя платформа призвана обеспечить инновационный и интерактивный инструмент финансового анализа, помогающий пользователям принимать обоснованные инвестиционные решения, важно отметить, что она не является заменой профессиональной финансовой консультации и не должна использоваться исключительно для принятия инвестиционных решений.

Список используемых источников:

1. Де Прадо Маркос Лопес. Машинное обучение. Алгоритмы для бизнеса / М. Л. Де Прадо. — Санкт-Петербург: Питер, 2019 — 432 с.
2. Сейерс Эйдан Хобсон., Милл Иан. Docker на практике / Э. Х Сейерс, И. Милл — М.: ДМК пресс, 2020 — 516 с.
3. Уоллс Крейг. Spring в действии. Шестое издание / К. Уоллс — М.: ДМК пресс, 2022 — 544 с.

Использование расположения и формы зубов как токен в системе биометрической аутентификации

Гализдра С.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кудряшова А.Ю.

МАИ, Москва

Применение биометрических данных в настоящее время сопряжено с серьезными рисками. Одной из главных опасностей является возможность утечки таких данных. В случае компрометации биометрической информации, как, например, отпечатки пальцев или сканы лица, злоумышленники могут злоупотребить этой информацией для осуществления мошенничества, взлома систем безопасности, а также для несанкционированной идентификации личности. Методы, которые имеют высокую стойкость к несанкционированному доступу, имеют дорогое оборудование, необходимого для сканирования биометрии. Например, сканер сетчатки глаза или лазерный сканер с оценкой дальности для отпечатка лица.

В статье разрабатывается система биометрической аутентификации с использованием расположения и формы зубов в качестве токена аутентификации. Данная система имеет ряд преимуществ. Поскольку для сканирования требуется только камера, это существенно снижает издержки на оборудование, обслуживание и внедрение системы. Также, для сканирования необходим широкий обзор ротовой полости, что уменьшает вероятность неправомерного доступа, поскольку зубы, как биометрический параметр, обеспечивают более

высокий уровень приватности. Это обусловлено меньшей степени связанности со внешними данными.

После процесса сканирования происходит перевод изображения в оттенки серого, далее происходит выравнивание гистограммы, что позволяет использовать изображения с недостаточным освещением. Далее происходит выделение точек, которые являются индивидуальными и связаны с расположением и формы зубов. После этого, происходит сравнение с точками, которые находятся в базе данных.

Для увеличения безопасности системы можно применить дополнительные методы устойчивости. Например, сканирование открытия улыбки в реальном времени. Такой метод защищает от использования фотографий, которые могут быть скомпрометированы при несанкционированному доступу к базе данных.

Список используемых источников:

1. Zelaltnbulat S. Biometric retina identification based on neural network. 2016. 12th International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing (ICAFS), 2016.
2. Zimu Zhou, Jiawei Lin, Mo Li, Yongpan Zou, Meng Zhao and Kaishun Wu. Bilock: User authentication via dental occlusion biometrics. 2018.
3. Бушов А., Катмаков П., Гавриленко В., Биометрия 3-е изд., пер. и доп. Учебное пособие для вузов — ЛитРес, 2022 — 186 с.

Использование Unreal Engine 5 для моделирования объектов в промышленности

Глянцев Д.Я.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бутко А.О.

МАИ, Москва

Внедрение Unreal Engine 5 в промышленность открывает широкий спектр возможностей для создания высококачественных трехмерных моделей объектов. Этот игровой движок предоставляет инструменты, способствующие улучшению визуализации и детализации продуктов, что делает его привлекательным средством для инженеров и дизайнеров. Применение Unreal Engine 5 позволяет сократить время разработки и проектирования объектов благодаря готовым решениям и интегрированным инструментам, что повышает эффективность производства. Реальное время в Unreal Engine 5 обеспечивает возможность интерактивного тестирования и оптимизации моделей, улучшая процесс прототипирования и сокращая затраты на исправление ошибок на более поздних этапах разработки. Этот инструмент также предоставляет возможность создавать симуляторы для обучения персонала, что повышает его профессионализм и увеличивает безопасность на производстве. Благодаря высокой гибкости и расширяемости Unreal Engine 5, его можно успешно адаптировать к различным отраслям промышленности, начиная от автомобильного производства и заканчивая архитектурным проектированием. Применение Unreal Engine 5 в промышленном моделировании способствует созданию виртуальных образов объектов, что упрощает их демонстрацию и взаимодействие с заказчиками и клиентами. Эффективное использование возможностей Unreal Engine 5 в промышленности может существенно повысить конкурентоспособность компаний за счет улучшения качества и скорости разработки продуктов. Применение Unreal Engine 5 для моделирования объектов в промышленности способствует инновационному подходу к проектированию и разработке, открывая новые возможности для создания уникальных и передовых продуктов.

Список используемых источников:

1. Официальная документация по Unreal Engine 5 — <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/>
2. Программирование в Unreal Engine 5 для начинающего игродела: основы визуального языка Blueprint / Ольга Максименкова, Никита Веселко. — Москва: Эксмо, 2023. — 320 с. — (Российский компьютерный бестселлер. Гейм-дизайн).

Система поддержки принятия решений при определении приоритетных ИТ-специальностей для аэрокосмической отрасли

Голунова Е.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Маркарян А.О.

МАИ, Москва

Сфера ИТ — одна из самых перспективных и быстроразвивающихся в современном мире. Информационные технологии и инновации в области ИТ активно используются для оптимизации процессов, улучшения качества услуг, снижения затрат и повышения эффективности работы во многих отраслях, в том числе аэрокосмической. Конкуренция среди ИТ-специалистов возрастает, что требует от них постоянного совершенствования своих навыков и знаний [1]. Для повышения качества образования в данной области актуально исследование как состояния и перспектив развития информационных технологий, так и спроса на ИТ-специалистов в аэрокосмической отрасли.

Востребованность выпускников российских вузов свидетельствует о способности системы высшего образования адаптироваться к потребностям реальной экономики, а средний доход ИТ-специалистов, задействованных в аэрокосмической отрасли, отражает потребность в определенных навыках и компетенциях, которые формируются в процессе обучения.

Несмотря на популярность ИТ-сферы и многообразие образовательных программ, предлагаемых высшими учебными заведениями и различными онлайн-школами, в аэрокосмической области недостаточно опытных и квалифицированных ИТ-специалистов. По данным HeadHunter, 53,3% вакансий предназначены для среднего уровня специалистов, при этом вакансии для новичков и стажеры составляют всего 5% [2].

Чтобы образовательная система подстраивалась под быстрые изменения в профессиональной области и обеспечивала подготовку качественных специалистов, актуально проведение исследования по определению наиболее востребованных профессий и выработка на его основании рекомендаций по формированию профилей специальностей в указанной сфере.

Таким образом, целью работы является создание системы поддержки принятия решения при определении приоритетных ИТ-специальностей для аэрокосмической отрасли.

Для достижения цели осуществлена классификация вакансий в сфере ИТ, исследована структура и динамика рынка труда, определены тренды, выявлены взаимосвязи с потоком выпускников ИТ-направлений [3] и построена математическая модель зависимости количества выпускников разных направлений в зависимости от ряда факторов.

Моделирование осуществляется методами регрессионного анализа. Для построения модели выделены наиболее значимые показатели рынка труда, такие как средняя заработная плата, соотношение количества вакансий к количеству резюме, их наименования и ключевые требования, процент трудоустройства выпускников, работающих по специальности.

Применение методов математического моделирования для исследования сегментов ИТ позволяет объективно определить востребованные специальности и спрогнозировать спрос [4]. Это даст возможность учебным заведениям адаптировать свои образовательные программы под современные запросы. ИТ-специалисты, выпущенные в рамках актуальной программы будут востребованы в любых отраслях, связанных с ИТ, в том числе аэрокосмической.

Список используемых источников:

1. Индустрия программного обеспечения в России, 20-е ежегодное исследование, НП «РУССОФТ», 2023 [Электронный ресурс] — URL: https://ai.gov.ru/knowledgebase/razrabotka-i-issledovaniya-v-oblasti-ii/2023_industriya_programmnogo_obespecheniya_v_rossii_2023_russoft/ (дата обращения 29.02.2024)

2. Дефицит в ИТ закончился? Или нет? Что происходит на рынке труда? [Электронный ресурс] — URL: <https://habr.com/ru/companies/automacon/articles/764078/> (дата обращения 29.02.2024)

3. Труд и занятость в России. 2023: Стат.сб./Росстат Т78 М., 2023. — 180 с.

4. Маркарян, А. О. Интеллектуальные системы в сфере образования: история и перспективы / А. О. Маркарян, И. Ф. Хараберюш // *Studia Humanitatis*. — 2018. — № 4. — С. 9.

Разработка API для Telegram с поддержкой совместной работы над проектами с помощью кодового редактора

Гончаров И.С.

Научный руководитель — Коновалов К.А.

МАИ, Москва

При ведении совместных проектов, задачей которых является разработка программного кода, между сотрудниками происходит постоянный обмен созданным продуктом с целью его просмотра или дальнейшего использования другими лицами. Для этих целей уже давно существует целый класс программных продуктов как системы контроля версий, а в современном варианте использования популярна система git. При этом с учетом современного стиля жизни и режима дня, много рабочих вопросов решается уже не сидя за стационарным компьютером, а в мобильном режиме через такие инструменты, как мобильные телефоны или планшеты. В связи с этим не редки ситуации, что некоторые люди готовы обсудить созданный код вне рабочего времени или вдали от рабочего места с целью помощи коллеге с появившимися проблемами, создания или изменения плана работ, создания новых задач и их распределения, однако его передача с сохранением читаемости в отличие от обычного текста является затруднительной, так как большинство современных систем обмена сообщениями не предусмотрены для этой задачи. Поэтому было решено предоставить удобный инструмент, реализующий такой сценарий использования, в связи с чем были рассмотрены варианты взаимодействия и имеющиеся средства коммуникации. Для удобного обмена кодом наиболее подходящей социальной сетью является «Telegram», потому что боты, создаваемые внутри данной социальной сети, позволяют широко расширить стандартный функционал приложения, а также «Telegram» является одной из самых популярных социальных сетей на сегодняшний день, используемая не только людьми, постоянно работающими с программированием, но и обычными пользователями, для которых проблема читаемости кода наиболее актуальна. Для реализации проекта создана библиотека методов, которые люди смогут встраивать в создаваемые ими Telegram-боты для удобного взаимодействия с кодом. Ключевыми функциями являются: просмотр текста в виде читаемого кода, возможность ссылок на конкретные строки кода, поддержка контроля версий изменённого кода, возможность изменения кода человеком, не являющимся отправителем данного кода. Для реализации проекта при разработке использован язык программирования Python. Разработчики Telegram создали удобный инструментарий для работы с их приложением на Python, а также на этом языке можно встретить множество библиотек, помогающих в работе с ботами для этой социальной сети. В результате получаем инструмент, позволяющий в более удобном режиме, чем имеется на сегодня, взаимодействовать команде разработчиков при решении вопросов связанных с манипуляциями программным кодом при работе с мобильных устройств.

Список используемых источников:

1. Златопольский Д.М. Основы программирования на языке Python. — М.: ДМК Пресс, 2017. — 284 с.
2. Гэддис Т. Начинаем программировать на Python. — 4-е изд.: — СПб.: БХВ-Петербург, 2019. — 768 с.
3. Доусон М. Програмируем на Python. — СПб.: Питер, 2014. — 416 с.

Интеллектуальная система управления беспроводной зарядкой дрона

Гордиец Е.А., Григорьев В.Д., Коваленко Н.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Беляева Ю.А.

МАИ, Москва

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) или просто дроны применяются везде, где необходим обзор местности и мониторинг объектов с воздуха. Перечислим некоторые из них:

- Аэрофотосъёмка с целью получения, изучения и представления объективных пространственных данных;
- В сельском хозяйстве для распыления ядохимикатов, контроля состояния растений при помощи мультиспектральных камер;
- БПЛА с тепловизором для контроля ситуации и тушения пожаров;
- При поиске и спасении людей;
- В геодезии и картографии для составления карт и трёхмерных моделей ландшафта;
- Для транспортировки и доставки грузов;
- Для мониторинга оперативной обстановки, профилактики и раскрытия правонарушений и контроля за соблюдением общественного порядка на массовых мероприятиях;
- Регулярный мониторинг линий для инспекций линии электропередач и др.

Для продолжительной работы дрона стоит актуальным вопрос его периодической подзарядки. Для полноценного управления питанием БПЛА известно несколько способов решения этой проблемы. Например, система беспроводной передачи энергии, представляющая собой интеллектуальную аккумуляторную батарею и программное обеспечение для осуществления управления питанием, или система беспроводной зарядки дронов в воздухе, в соответствии с которой аппараты не садятся на поверхность, а заряжаются непосредственно во время полета над зоной электромагнитного индукционного поля.

Авторам статьи была поставлена альтернативная задача разработки интеллектуальной системы управления зарядки дронов, которая будет использоваться на платформах беспроводной зарядки на ЛЭП в труднодоступных местах как в режиме управления оператором, так и в автоматическом режиме. Таким образом, данная система позволит:

1. Автоматизировать процесс зарядки дронов.
2. Рассчитать необходимое время зарядки и прекращения процесса при достижении необходимого уровня заряда.
3. Оптимизировать срок службы батарей дрона.

После посадки дрона на беспроводное зарядное устройство зарядная станция получает от дрона по радиоканалу уровень заряда (%) и напряжение батарей. Зарядная станция имеет данные о текущем времени, а также может контролироваться оператором.

В зависимости от напряжения на ЛЭП зарядная станция преобразует получаемое напряжение до необходимого напряжения работы беспроводной зарядки. Количество делителей и их компоновка может варьироваться.

Процесс понижения входного напряжения осуществляется путем деления и выпрямления получаемого напряжения, используя резисторные сборки — делители, из чего следует, что данный процесс универсален и его работа проверена по стандартным напряжениям на ЛЭП. Понижение происходит до того момента, пока выходное напряжение не будет находиться в допустимых пределах.

По завершении процесса понижения входного напряжения автоматически выбирается скорость зарядки и подается сигнал о готовности к ней. Решение принимается оператором.

На зарядной станции срабатывают реле-переключатели, после чего преобразованное напряжение поступает на катушку индуктивности зарядного устройства. На устройство — приемник в дроне (катушка меньших размеров) — наводится ЭДС, которое выпрямляется и поступает в систему зарядки. Сам процесс зарядки после выпрямления не отличается от штатного варианта зарядки (проводного).

Зарядная станция получает от дрона сигнал о начале зарядки, который содержит в себе оставшееся время до полной зарядки и дальность полета при текущем заряде. На основании этих данных будет принято решение остановки зарядки по достижении необходимого его уровня и как можно более скорого вылета дрона с платформы беспроводной зарядки.

Во время зарядки у оператора есть возможность контролировать ток зарядки, к примеру, если не требуется быстро заряжать аккумулятор БПЛА.

По окончании зарядки зарядная станция получает сигнал о завершении процесса зарядки. Зарядная станция отключает катушку с помощью реле-переключателя и выводит сообщение о завершении процесса зарядки.

Таким образом, в рамках поставленной задачи

1. Реализован принцип определения зарядной станции на основании полученных данных о напряжении ЛЭП.
2. Разработана система понижения входного напряжения до необходимого значения для работы беспроводной зарядки.
3. Определена необходимая скорость зарядки на основании времени суток, управляя максимальным током зарядки.
4. Реализовано ручное управление скоростью беспроводной зарядки.
5. Разработана система определения дальности возможного полета дрона в зависимости от поставленной задачи и его текущего заряда батареи.

Список используемых источников:

1. Вознесенский Е. А. Алгоритм точной посадки мультироторных БПЛА на станцию автономной зарядки // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №4(30), ISSN 2077-5687. — СПб.: ГУАП., 2021 — с. 3-10. РИНЦ. DOI: 10.31799/2077-5687-2021-4-3-10.
2. Беспроводная зарядная станция [Электронный ресурс] // Webotic URL: <https://www.wibotic.com/> (дата обращения: 27.02.2024).

Сравнительный анализ state-менеджеров в React

Гусев А.Г., Денисов В.А.

Научный руководитель — к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

Сравнительный анализ state-менеджеров, таких как Redux, MobX и Context API в React, представляет собой актуальное исследование, направленное на определение оптимальных подходов к управлению состоянием в современных веб-приложениях. Важность данной темы обусловлена стремительным развитием фронтенд-технологий и необходимостью разработчиков в эффективных инструментах для построения масштабируемых и легко поддерживаемых приложений.

Redux, как один из наиболее популярных state-менеджеров, предлагает строгую организацию потока данных и широкие возможности для масштабирования, однако его использование может быть избыточным для небольших приложений и требует соблюдения определённых шаблонов разработки.

MobX, с другой стороны, предоставляет более гибкий подход с автоматическим отслеживанием зависимостей, что позволяет упростить разработку за счёт более интуитивного взаимодействия с состоянием.

Context API, встроенный механизм React для управления состоянием, предлагает удобный способ передачи данных без необходимости пропсов на глубокие уровни компонентов, хотя и может сталкиваться с проблемами производительности при неправильном использовании.

В работе проводится детальный анализ каждого из инструментов с точки зрения их интеграции в проект, производительности, масштабируемости, поддержки сообществом и доступных ресурсов для обучения. Так же внимание уделяется сравнению гибкости и настраиваемости и возможности для тестирования и отладки, предоставляемым каждым из рассматриваемых подходов.

Результаты исследования могут служить руководством для разработчиков при выборе подходящего инструмента для управления состоянием в проектах. Помимо теоретического обзора, представлены практические примеры использования каждого из state-менеджеров в типичных сценариях разработки, что дополнительно иллюстрирует их преимущества и недостатки. В заключение работы формулируются рекомендации по выбору наиболее подходящего инструмента в зависимости от специфики проекта, что позволяет разработчикам оптимизировать процесс разработки и повысить качество конечного продукта.

Список используемых источников:

1. Порселло Ева, Бэнкс Алекс, React и Redux. Функциональная веб-разработка стр. 41–65, 2017 год (дата обращения: 21.02.2023).
2. Робин Вирух, Укрощение состояния в React: Ваше путешествие к освоению Redux и MobX 2019 год (дата обращения: 22.02.2023)

Разработка и анализ метрик для сравнения изображений и определения порядка на основе комплексной классификации

Доморощенин А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Романенков А.М.

МАИ, Москва

Исследование, представленное в данной работе, нацелено на разработку и анализ метрик для сравнения изображений с использованием комплексной классификации. Основная цель исследования заключается в изучении функционала и возможностей таких метрик, а также их применимости в задачах определения порядка изображений.

В рамках данного исследования были рассмотрены различные методы сравнения изображений, что включает в себя анализ метода Харриса для обнаружения углов и характеристики особенностей изображений. Кроме того, были изучены пиксельные методы, основанные на анализе интенсивности пикселей, функциональные методы, такие как использование дескриптора HOG для выделения текстурных характеристик, а также спектральные методы, например, многомерное дискретное преобразование Фурье, для анализа частотных характеристик изображений.

Созданная система поиска и классификации изображений базируется на разработанных метриках, которые были адаптированы и оптимизированы для каждого из этих методов сравнения. Основное внимание уделено не только теоретическому анализу метрик, но и их практическому применению в разработке систем поиска и классификации, что способствует развитию области компьютерного зрения и смежных с ней областей.

Дополнительно, в рамках исследования были проведены эксперименты с использованием различных наборов данных для оценки эффективности предложенных метрик. Эти эксперименты позволили оценить качество сравнения изображений и точность классификации при применении различных методов и метрик.

Полученные результаты и анализ данных экспериментов позволяют сделать вывод о преимуществах и недостатках каждого из рассмотренных методов сравнения изображений. Это помогает определить оптимальные стратегии выбора метрик для конкретных задач и обеспечивает базу для дальнейших исследований в области компьютерного зрения и анализа изображений.

Таким образом, исследование проведено с целью не только теоретического анализа методов сравнения изображений, но и практической их реализации с использованием разработанных метрик в системах поиска и классификации, что способствует развитию соответствующих научных и практических областей.

Список используемых источников:

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений, Издание 3-е, исправленное и дополненное, Москва: Техносфера, 2012. — 1104 с., ISBN 978-5-94836-331-8

Анализ эффективных алгоритмов реал-тайм рендеринга

Дубровин Д.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

Рендеринг — это процесс преобразования трёхмерной модели в двумерное изображение.

В приложениях, использующих 3D графику применяется так называемый реал-тайм рендеринг, то есть моментальное отображение графики в реальном времени без задержек. При рассмотрении рендеринга в реальном времени нужно учитывать два основных момента. С одной стороны, это стремление к более сложной, максимально приближенной к реальности картинке. С другой стороны, существует жесткое ограничение на то, как быстро должны формироваться эти изображения, обычно менее чем за 1/30 секунды. И чтобы преодолеть это ограничение, при этом сохраняя высокое качество картинки, необходимо использовать программные оптимизации, которые позволяют выжать максимум производительности из оборудования.

Без эффективных алгоритмов рендеринга было бы невозможно достичь того уровня визуальной достоверности, который имеют современные высококласные видеоигры. Однако из бесчисленного множества возможных оптимизаций, которые можно реализовать, выделяются несколько заметных приемов, легших в основу множества современных игровых движков.

Существуют два основных подхода к рендерингу графики: прямой рендеринг — классический подход, в котором каждый объект в сцене обрабатывается по отдельности, и отложенный рендеринг, в котором в первую очередь вся геометрия рендерится в отдельные буферы, которые затем используются для вычислений и формирования финальной картинки.

В процессе рендеринга с целью уменьшения количества вызовов шейдерных программ и уменьшении количества вычислений освещения в основном используются следующие алгоритмы оптимизации данных подходов: Tiled rendering и Clustered rendering.

Tiled rendering: Идея данного алгоритма заключается в том, что экран делится на квадратную сетку. Затем создается буфер, отслеживающий какие источники света влияют на геометрию в данном квадрате. В процессе выполнения шейдеров мы учитываем источники света, оказывающие влияние на данный квадрат, значительно сокращая рассчитываемое количество источников света.

Clustered rendering: Данный алгоритм является логичным продолжением tiled rendering. В его основе лежит следующая идея: вместо того, чтобы проверять влияние освещения на геометрию в квадратах сетки, данная проверка выполняется в специальных 3D кластерах.

Приведенные алгоритмы и техники рендеринга позволяют эффективно обрабатывать сцены с достаточно большим количеством источников света и сложной геометрии, и активно используются в современных графических движках.

Список используемых источников:

1. Forward vs Deferred vs Forward+ Rendering with DirectX 11 [Электронный ресурс] / URL: <https://www.3dgep.com/forward-plus/#Forward> (дата обращения: 26.02.2024).

2. Борецков А. В. Программирование компьютерной графики. Современный OpenGL. — М.: ДМК Пресс, 2019. — 372 с.: ил.

3. A Primer On Efficient Rendering Algorithms & Clustered Shading. [Электронный ресурс] / URL: <https://www.aortiz.me/2018/12/21/CG.html> (дата обращения: 26.02.2024).

Анализ способов установки и удаления apk архивов на Android устройстве с проверкой подписи

Есипов А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Цырков Г.А.

МАИ, Москва

Архивы, которые приходят в очередь на установку должны проходить проверку по ключу v1 и подписи сертификата стандарта v2. Для выполнения проверки подписи приложения необходимо получить сигнатуру apk файла. Получение сигнатур происходит через packageManager и в зависимости от версии android немного отличается. Для получения сертификата подписи Apk v2 надо извлечь из битового представления сигнатуры apk данный сертификат в формате SHA-256 и сравнить с тем, который находится в базе.

После проверки Apk файла, необходимо выполнить его установку на устройство. Android API не предоставляет инструментов для разработчиков по установке и удалению apk на устройстве, но есть способы, как обойти это ограничение, условно их можно разделить на 4 типа:

1) «Тихая» с использованием android PackageManager через рефлексии, работает на android api <= 27;

2) Через intent, требует взаимодействия с пользователем (рекомендуемый и официальный способ установки для не системных приложений);

3) «Тихая» через inputStream, если приложение обладает root правами;

4) «Тихая» через рефлексии, если разработчик прошивки для устройства предоставил api для этих операций.

PackageManager предоставляет методы для установки и удаления приложений: `installPackage`, `deletePackage`. Данные методы помечены аннотацией `@hide`, эта аннотация означает следующее:

Android имеет два типа API, которые недоступны через SDK.

Первый находится в пакете `com.android.internal`. Второй тип API представляет собой набор классов и методов, которые помечены атрибутом `@hide` Javadoc.

Начиная с Android 9 (уровень API 28), Google вводит новые ограничения на использование интерфейсов, отличных от SDK, будь то напрямую, через reflection или через JNI. Эти ограничения применяются всякий раз, когда приложение ссылается на интерфейс, отличный от SDK, или пытается получить его дескриптор с помощью reflection или JNI.

Но до 28-го уровня API доступ к скрытым методам все еще можно было получить через Java reflection. Атрибут `@hide` является просто частью Javadoc (также `droiddoc`), поэтому `@hide` просто означает, что метод/класс/поле исключены из документации API.

Используя java reflection, можно проверять класс, интерфейс, перечисление, получать информацию об их структуре, методах и полях во время выполнения, даже если класс недоступен во время компиляции. Также можно использовать reflection для создания экземпляра объекта, вызова его методов, изменения значений полей.

Чтобы вызвать скрытый метод надо повторить его сигнатуру и предоставить необходимые параметры. Одним из обязательных параметров является Observer. Создать экземпляр этого класса можно, задекларировав `aidl` интерфейс с такой же сигнатурой.

В версии android api 29 (android 10), произошли большие изменения, которые помимо прочего затронули и возможность производить установку и удаление приложений на устройстве. PackageManager больше не располагает методами `installPackage` и `deletePackage`. Поэтому единственным рабочим вариантом является отправка Intent с запросом на установку или удаление определенного пакета. Это действие требует взаимодействия с пользователем.

В android 11 необходимый для реализации данной задачи функционал предоставляет класс `PackageInstaller`. Предоставляет возможность устанавливать, обновлять и удалять приложения на устройстве. Это включает поддержку приложений, упакованных либо в виде одного "монолитного" APK-файла, либо приложений, упакованных в виде нескольких "разделенных" APK-файлов. Приложение доставляется для установки через `PackageInstaller`. Сеанс, который может создать любое приложение. Как только сеанс создан, установщик может передавать один или несколько APK-файлов на место, пока не решит либо зафиксировать, либо уничтожить сеанс.

Список используемых источников:

1. In Depth: Android Package Manager and Package Installer. URL: <https://dzone.com/articles/depth-android-package-manager> (дата обращения 08.01.2024);
2. Android application installation process and principles URL: <https://www.programmersought.com/article/34464009639/> (дата обращения 07.01.2024);
3. Android APK achieve V1, V2 signature and verification URL: <https://www.programmersought.com/article/5381956956/> (дата обращения 12.01.2024);
4. APK Signature Scheme v2 URL: <https://source.android.com/docs/security/features/apksigning/v2?hl=en> (дата обращения 17.01.2024);

Разработка СКУД внутри кафедрального контура

Забгаев Т.А.

Научный руководитель — к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

При разработке системы контроля и управления доступом (СКУД) внутри кафедрального контура необходимо учитывать множество факторов, начиная от особенностей самого учебного заведения и заканчивая требованиями безопасности и удобства пользователей.

Важно понимать, что каждое учебное заведение имеет свои уникальные потребности и особенности, которые требуют индивидуального подхода. Например, кафедральный контур может включать в себя различные зоны с разными уровнями доступа, такие как учебные аудитории, научные лаборатории, административные помещения и т.д. Каждая из этих зон может требовать различных прав доступа для персонала, студентов и посетителей.

При разработке СКУД для кафедрального контура важно учитывать не только текущие потребности, но и возможные изменения в будущем. Например, учебное заведение может расширяться или изменить структуру, что потребует соответствующих изменений в системе контроля доступа. Поэтому система должна быть гибкой и масштабируемой, чтобы легко адаптироваться к изменяющимся условиям.

Важным аспектом является также обеспечение высокого уровня безопасности и защиты данных. СКУД должна быть защищена от несанкционированного доступа и взлома, а также обеспечивать конфиденциальность персональных данных пользователей. Для этого могут применяться различные методы аутентификации, такие как биометрия или двухфакторная аутентификация, а также современные шифровальные методы.

Кроме того, важно уделить внимание удобству использования системы для конечных пользователей. Интерфейс должен быть интуитивно понятным и легким в освоении, а процедуры доступа должны быть быстрыми и удобными. Например, для студентов и персонала учебного заведения может быть предусмотрена возможность получения доступа с помощью мобильных приложений или бесконтактных карт.

Разработка и внедрение СКУД внутри кафедрального контура позволяет значительно повысить уровень безопасности и эффективности управления доступом в учебном заведении. Это важный шаг в обеспечении безопасности и комфорта для всех членов учебного сообщества и способствует созданию благоприятной образовательной среды.

Помимо вышеперечисленных аспектов, важно отметить намерение провести сравнительный анализ текущей системы контроля и управления доступом (СКУД), действующей внутри кафедрального контура. Это позволит получить полное представление о ее функциональности, сильных и слабых сторонах.

Проведение сравнительного анализа текущей СКУД позволит выявить возможные проблемы, с которыми сталкиваются пользователи, а также определить области, требующие улучшений или доработок. Это может включать в себя анализ процессов доступа, оценку эффективности существующих технических решений, а также оценку уровня безопасности и защиты данных.

Перезапуск текущей СКУД будет осуществлен в целях оптимизации ее работы и улучшению функциональности. Перезапуск системы может включать в себя обновление программного обеспечения, модернизацию аппаратных средств, а также внедрение новых функций и возможностей.

Кроме того, важно учитывать мнение и обратную связь пользователей при проведении изменений в системе. Это позволит учесть их потребности и предпочтения, а также обеспечить максимальное удобство использования СКУД для всех членов учебного заведения.

В итоге, намерение проанализировать, перезапустить и возможно привнести улучшения в текущую СКУД демонстрирует стремление к повышению уровня безопасности и эффективности управления доступом в учебном заведении. Это важный шаг на пути к созданию современной и безопасной образовательной среды для всех членов учебного сообщества.

Список используемых источников:

1. Смит, Джон. «Системы контроля и управления доступом: принципы, технологии и применение». Издательство Техносфера, 2015.
2. Браун, Александр. «Системы безопасности и контроля доступа в организациях». Издательство Лань, 2018.
3. Гаррисон, Джеймс. «Проектирование систем контроля и управления доступом». Издательство Известия, 2019.

4. Андерсон, Роберт. «Безопасность информационных систем: Управление рисками». Издательство Питер, 2017.

5. Страусс, Андрей. «Информационная безопасность в современном мире». Издательство БХВ-Петербург, 2016.

Генерация REST API приложения на этапе компиляции программы

Завьялова Е.А.

Научный руководитель — Ирбитский И.С.

МАИ, Москва

На сегодняшний день программирование — это неотъемлемая часть многих сфер деятельности, и скорость разработки программного обеспечения играет важную роль в успехе проектов. Разработчики постоянно сталкиваются с повторяющимся кодом, сложностью понимания и поддержки уже написанного кода. Эту проблему частично решают различные библиотеки. Однако они могут содержать функционал, который не используется в конкретном приложении, а также может тратиться время на работу самой программы во время использования библиотеки, что может негативно сказаться на производительности приложения в целом. При применении функционала библиотек, генерирующего код на этапе компиляции программы, подобных проблем не возникает, поскольку код самой библиотеки не добавляется в исполняемый файл, а весь необходимый функционал создается на этапе сборки программы.

Целью работы является разработка библиотеки, позволяющей генерировать код REST API приложения с минимальными приложенными усилиями по написанию кода со стороны использующего библиотеку разработчика. Функционал библиотеки должен обеспечить генерацию кода контроллеров и кода, взаимодействующего с РСУБД на основе минимально предоставленной информации.

Для выполнения поставленной цели поставлены и решены следующие задачи:

1. Синтез правил представления информации об REST API приложении;
2. Разработка и реализация алгоритма генерации кода обращения к РСУБД на основе информации о конечных точках взаимодействия компонентов и вспомогательных данных;
3. Реализация вывода информации об ошибках времени компиляции.

Для представления информации выбран формат представления JSON. Основной язык разработки — Java. Для обработки входных данных использована библиотека Jackson. Для упрощения генерации кода применена библиотека Java Poet. Сборка проекта реализована посредством системы автоматизации сборки Gradle. Выходные данные работы реализованного библиотечного функционала соответствуют фреймворку Spring Boot по причине его популярности, а также библиотеке JOOQ в силу её пластичности и удобства использования для этой задачи. Во время компиляции проекта генерируется код контроллеров, код компонентов для обращения к РСУБД, а также добавляется конфигурация Swagger. Суть основного алгоритма, реализованного в библиотеке, заключается в том, чтобы, основываясь лишь на описании, полученном из файла со структурой JSON, построить SQL-запросы к РСУБД и сгенерировать шаблонный код, сэкономив таким образом время разработчикам.

Список используемых источников:

1. Герберт Шилдт. Java. Полное руководство. // Изд-во Вильямс, 2023, 1344 с.
2. Уоллс, К. Spring в действии. 6-е издание / перевод с английского А. Н. Киселева. — М.: ДМК Пресс, 2022. — 544 с.
3. Лучшие практики проектирования REST API [Электронный ресурс] // ДжазТим. — URL: <https://jazzteam.ru/technical-articles/restful-services-manual/> (дата обращения: 22.02.2024)

Разработка мобильного приложения для отслеживания графика приёма витаминов

Захаров Я.О., Забабурин В.И.

Научный руководитель — к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

Разработка мобильного приложения для отслеживания графика приема витаминов становится все более актуальной и востребованной задачей в современном обществе. Это связано с растущим интересом к здоровому образу жизни и необходимостью в эффективных инструментах для поддержания оптимального питательного режима.

Целью данного проекта является создание приложения на базе React Native, которое позволит пользователям легко контролировать свой прием витаминов и следовать заданному графику. Приложение предоставит возможность создания индивидуального графика приема витаминов и будет предлагать удобные функции для внесения информации о запланированном и фактическом приеме витаминов.

Важным аспектом приложения станет его простой и интуитивно понятный интерфейс, который сделает его удобным для пользователей всех возрастных групп и уровней технической грамотности. Дизайн приложения будет сфокусирован на ясности и понятности информации, а также на создании приятного и лаконичного пользовательского опыта. В итоге, это приложение станет ценным инструментом, помогающим пользователям эффективно следить за приемом витаминов, что способствует поддержанию здоровья и благополучия.

Список используемых источников:

1. Гринхол Д., Скин Д. Kotlin. Программирование для профессионалов // Питер. 2023
2. Скотт А.Д. Разработка на JavaScript. Построение кроссплатформенных приложений с помощью GraphQL, React, React Native и Electron // Питер. 2021

Анализ растворимости химических соединений с использованием SMILES: предобработка данных и кластеризация для прогнозирования

Захарова А.Д.

Научный руководитель — к.т.н. Ильин Д.Ю.

РТУ МИРЭА, Москва

В хемоинформатике для работы с химическими данными применяются различные методы и подходы. В том числе частым инструментом для предсказания свойств молекул выступает SMILES. Данная система представления молекулярных формул позволяет получить исчерпывающую информацию о составе и структуре молекулы. Поэтому SMILES часто используется в качестве входных данных для исследований свойств различных веществ. Одним из примеров практического применения исследований на основе SMILES является поиск лекарств [1].

В современной химии машинное обучение играет ключевую роль в анализе и обработке данных, предоставляя мощные инструменты для выделения закономерностей и понимания сложных химических взаимодействий. В частности, методы кластеризации в рамках машинного обучения предоставляют возможность группировки химических соединений на основе их структурных и физико-химических характеристик. Это позволяет исследователям выявлять сходства между молекулами, выделять подобные группы соединений, и, таким образом, делать более точные предсказания свойств их взаимодействий [2]. Методы кластеризации являются неотъемлемой частью аналитического процесса. Эти методы помогают выделить химические подструктуры, обнаруживать группы веществ с схожими характеристиками и улучшать прогнозирование свойств соединений. Применение машинного обучения и кластеризации в химическом анализе открывает новые перспективы для исследований в области дизайна новых соединений, оптимизации процессов синтеза и понимания химических механизмов на более глубоком уровне.

В исследовании использовался набор данных о растворимости соединений в органических растворителях и воде [3]. Для проведения кластеризации данные были разделены на 5 подгрупп по значениям растворимости от почти не растворимых до хорошо растворимых. Из представления формул в виде SMILES были извлечены числовые данные, например, длина углеродной цепи и количество заместителей, для кластерного анализа растворимости. Используя Python-библиотеку Scikit-learn, к обработанным данным был применен метод k-средних. Так же были рассмотрены отдельно данные при определенной температуре (20 °C) и растворителе (метаноле). Для определения оптимального количества кластеров применялся метод локтя, а также оценка точности классификации при данном количестве кластеров.

В результате анализа для общего набора данных было определено, что по методу локтя количество кластеров составляет 5. Однако более высокая точность классификации достигается при 6 кластерах — 26 % и при 8 кластерах — 33 %, что значительно выше случайного угадывания. Дальнейшие исследования позволят быстрее определять растворители для конкретных соединений.

Список используемых источников:

1. Chen J. H., Tseng Y. J. Different molecular enumeration influences in deep learning: an example using aqueous solubility // *Briefings in Bioinformatics*. — 2021. — Vol. 22. — No. 3. — P. bbaa092.
2. Lo Y. C., Rensi S. E., Torng W., Altman R. B. Machine learning in chemoinformatics and drug discovery // *Drug discovery today*. — 2018. — Vol. 23. — No. 8. — P. 1538–1546.
3. Krasnov L., Mikhaylov S., Fedorov M., Sosnin S. BigSolDB: Solubility Dataset of Compounds in Organic Solvents and Water in a Wide Range of Temperatures. — 2023.

Корреляция значений амплитуд при прямом и обратном преобразовании Фурье

Захарченко Д.Д.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Балакирев Н.Е.

МАИ, Москва

При работе со звуковыми данными широко используется прямое и обратное преобразование Фурье. Ярким примером является использование Фурье для сжатия в звуковом формате записи звука MP3. Нами используется структуризация потока данных на основе качественного подхода, которая уже позволяет сжимать данные с потерями от 2,5-10 раз. Но при восстановлении важнейшим моментом является качество восстановления, которое обеспечивает адекватное воспроизведение звука по отношению к исходному.

Одной из основных проблем Фурье является значительная корреляция исходного и восстановленного звукового файла. В наших исследованиях было установлено, что в случае при применении обратного преобразования Фурье происходит заметный сдвиг значений амплитуд на некоторую дельту. Так же наблюдается неожиданный значительный провал в значениях амплитуд на некоторых отрезках звукового потока.

Исходя из теоретических основ, возможными причинами могут быть не совсем объективные допущения и «слепой» выбор окна для представления рядом Фурье. Если внимательно исследовать поток данных, то становится понятно на каждом участке потока свое информационное содержание. Понятно, что при случайном выборе окна и разными способами мы получим разные ряды Фурье. Сжатие с потерями еще сильнее искажает картину представления ряда Фурье.

В отличие от количественного взгляда при приближении Фурье, используемая структуризация позволяет более информативно проанализировать поток данных. Работы, связанные с фрагментацией на базе структур по совокупности характеристик, предполагают более объективно разбить поток на совокупность фрагментов по близким значениям характеристик. Фрагментная разбивка может улучшить качество восстановления для

преобразований Фурье. В этом направлении предполагается провести дальнейшие исследования.

Список используемых источников:

1. Структуризация и качественное рассмотрение звукового потока в системе синтеза и анализа речи / Н. Е. Балакирев [и др.] // Программные продукты и системы. — 2018. — №4. — С. 768–776.
2. Р. Брейсуэлл. Преобразование Фурье // В мире науки. Scientific American. №8, с.48, 1989.
3. Дискретное преобразование Фурье. Учебное пособие /В.П. Кандидов и др. — Москва: физический факультет МГУ, 2019. — 88 с, : ил. ISBN 978-5-8279-0179-2

Разработка инструментов электронной коммерции с элементами искусственного интеллекта

Иванова Д.Ю.

Научный руководитель — к.т.н. Ильин Д.Ю.

РТУ МИРЭА, Москва

Платформы электронной коммерции — эффективный и доступный инструмент для продажи продуктов и услуг через Интернет [1]. Конкуренция подталкивает компании к внедрению новых функций и инструментов в платформы электронной коммерции. Поэтому в электронной коммерции все чаще используется искусственный интеллект для улучшения качества обслуживания клиентов и повышения эффективности бизнес-операций. С помощью искусственного интеллекта возможно автоматизировать процессы, улучшить персонализацию и повысить эффективность работы интернет-магазинов. Алгоритмы машинного обучения позволяют анализировать данные о поведении покупателей и предлагать им релевантные товары или услуги. Также искусственный интеллект способен обрабатывать большие объемы информации, снижая затраты на ручной труд и ускоряя процессы принятия решений [2]. При разработке собственной платформы электронной коммерции было принято решение остановиться на рассмотрении и внедрении некоторых решений, реализованных с помощью технологий искусственного интеллекта, таких как механизм рекомендаций, виртуальный ассистент и алгоритм составления описаний к товарам.

В ходе работы велась разработка базы данных на системе PostgreSQL, интерфейса интернет-магазина, и серверных компонентов на основе Python-фреймворка Flask. Был разработан инструмент рекомендаций, основанный на кластерном анализе с применением универсального кодировщика предложений и косинусного расстояния в качестве метрики. Этот инструмент позволяет предоставлять пользователям персонализированные рекомендации, основываясь на их предпочтениях. С использованием методов извлечения данных из интернет-ресурсов и библиотеки NLTK был реализован инструмент, автоматизирующий составление описаний к товарам. Также в рамках платформы реализован виртуальный помощник, способный отвечать на вопросы пользователей.

В результате проведенной работы была разработана платформа электронной коммерции с внедренными решениями на основе искусственного интеллекта. Для пользователей были разработаны инструмент рекомендаций и виртуальный помощник, а для продавцов — средство автоматизации подготовки описаний для заполнения карточек товаров.

Список используемых источников:

1. Jeong H., Yi Y., Kim D. An innovative e-commerce platform incorporating metaverse to live commerce // International Journal of Innovative Computing, Information and Control. — 2022. — Vol. 18. — No. 1. — P. 221-229.
2. Song, X., Yang S., Huang Z., Huang T. The Application of Artificial Intelligence in Electronic Commerce // In Journal of Physics: Conference Series. — IOP Publishing. — 2019. — Vol. 1302. — No. 3. — P. 032030.

Разработка программного обеспечения генерации аудиоданных для замещения и добавления их в аудиопоток

Иванченко Д.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Романенков А.М.

МАИ, Москва

Понимание современного сленга зависит от окружения и интересов каждого человека. Для некоторых людей он может быть совершенно непонятным, в то время как другие могут свободно им пользоваться. Людям, которые не хотят искать в интернете значение каждого непонятого слова, но при этом понимать, о чем идет речь, может помочь программное обеспечение, которое способно находить в аудиопотоке сленговые слова и заменять их на литературные варианты. А чтобы речь говорящего не прерывалась компьютерным голосом, программа воспроизводит слова голосом диктора.

Основная идея данной работы состоит в автоматизации процесса распознавания и генерации речи, с использованием технологий распознавания речи и генерации аудиофрагментов с помощью нейронных сетей. Входной аудиопоток разбивается на фреймы, представляющие собой массивы признаков, и на их основе с помощью алгоритма DTW детектируется наличие сленга, для которого предусмотрена подходящая замена. Массивы признаков слов, подлежащих замещению, и их приемлемые аналоги, хранятся в базе данных в сериализованном виде. Базируясь на векторах признаков литературная замена синтезируется голосом говорящего, для чего применяется предобученная нейронная сеть.

Полностью все программное обеспечение написано на языке программирования Python. Для препроцессинга и поиска в аудио заменяемых слов используются библиотеки librosa и dtw, а для работы с нейронными сетями tensorflow. Так же было написано веб-приложение с использованием фреймворка Django. В качестве базы данных была выбрана PostgreSQL.

Список используемых источников:

1. Sigmund M. Search for Keywords and Vocal Elements in Audio Recordings [Текст] / M. Sigmund // Elektronika ir Electrotehnika. — 2013. — № 9. — С. 71-74.
2. Einārs Netlis-Galejs Audio Comparison Using MFCC and DTW / Einārs Netlis-Galejs [Электронный ресурс] // audiovideotestlab.com Blog : [сайт]. — URL: <https://audiovideotestlab.com/blog/audio-comparison-using-mfcc-and-dtw/> (дата обращения: 19.01.2024). — Режим доступа: свободный.
3. selfedu [Электронный ресурс] // YouTube : [сайт]. — URL: https://www.youtube.com/@selfedu_rus/ (дата обращения: 10.02.2024). — Режим доступа: свободный.

Особенности проектирования web-сайтов на примере промо-сайта Ступинского Филиала МАИ

Ивинский И.А., Старчиков А.С., Гутарова В.С.

Научный руководитель — Новиков Б.Б.

Ступинский филиал МАИ, Ступино

Владение компьютерными информационными технологиями в начале XXI века стало элементом общей культуры современного интеллектуального человека. Сейчас нам трудно представить Интернет без сайтов. Это связано с возникновением новых форм передачи и обработки данных, с внедрением высокоэффективного и относительно недорогого оборудования, технологий по разработке модульных элементов интернет-содержания и т.п. Также проектирование web-сайтов позволяет использовать свои знания для проявления когнитивных способностей и умений личности, используя навыки программирования.

Актуальность работы заключается в рассмотрении вопроса проектирования web-сайта как одной из компетенций будущего бакалавра техники и технологии по направлению обучения 09.03.01. Информатика и вычислительная техника.

Объектом исследования является проектирование промо-сайта для Ступинского филиала МАИ.

Предметом исследования являются вопросы, касающиеся особенностей проектирования промо-сайта СФ МАИ.

Научная новизна исследования определяется недостаточной изученностью данной темы, последствий и возможностей её применения в эпоху цифровизации.

Обратимся к нашей разработке. Главное в создании сайта это подобрать программу, на которой можно будет написать web-сайт. Самые известные программы, которые используются для проектирования сайтов, — Visual Studio Code, Notepad++, Brackets. Существует множество других программ, но преимущества данных примеров — это чистый код HTML, который можно загружать. Также при создании страницы рекомендуется использовать UTF-8, так как есть автоматическое завершение и замена кода в больших секторах.

Для того, чтобы создать динамичные и красивые web-страницы потребуется каскадная таблица стилей CSS и язык программирования JavaScript. CSS помогает создать стили и приятное оформление сайта, а JS — интерактивность web-сайта.

Для комфортного использования web-сайта его создают таким, чтобы он мог бы применен на разных устройствах, включая телефоны, ноутбуки, ПК (компьютеры) и т.п. Для этого разработчикам важно добавить принцип адаптации страницы под различные разрешения экранов. Кроме изменения размеров и расположения элементов сайта, авторам проекта важно учесть удобство их использования на устройствах с маленькими экранами (в основном на мобильных телефонах).

Список используемых источников:

1. Нейт Купер и Ким Джи: «Как создать сайт. Комикс-путеводитель по HTML, CSS и WordPress» Издательство: МИФ. 2019 г. 256 с.
2. Джон Дакетт: «HTML и CSS. Разработка и дизайн веб-сайтов». Издательство: ЭКСМО. 2020. 480 с.

Современные подходы к управлению тикетами: оптимизация процессов и повышение эффективности

Карпухина А.В., Магомедов М.А.

Научный руководитель — к.т.н. Цырклов Г.А.
МАИ, Москва

Система управления тикетами — это инструмент или программное обеспечение, предназначенное для эффективного приема, отслеживания, управления и решения запросов или обращений от клиентов или пользователей. Такая система позволяет структурировать и автоматизировать процессы обработки запросов, повышая эффективность работы команды поддержки и обеспечивая более качественное обслуживание клиентов.

Системы управления тикетами позволяет предприятию улучшить уровень обслуживания клиентов, снизить временные затраты на обработку запросов, более эффективно выделить ресурсы и персонал для работы с запросами, а также повысить прозрачность внутри команды поддержки.

Целью данной работы является изучение и применение современных методов и инструментов управления тикетами с целью оптимизации рабочих процессов и повышения эффективности работы команды поддержки. Работа направлена на анализ существующих проблемных моментов в управлении тикетами, разработку стратегий улучшения процессов обработки запросов и внедрение новых подходов для повышения качества обслуживания клиентов.

В ходе данной работы:

1. изучены преимущества использования тикет-систем для предприятия
2. изучены инструменты для обработки заявок с точки зрения цели использования для предприятия

3. рассмотрены методы повышения эффективности работы с запросами в тикет-системах
4. рассмотрены популярные тикет-системы
5. изучены стратегии улучшения современных тикет-систем

Таким образом, система управления тикетами является современным подходом к управлению тикетами, помогает оптимизировать внутренние процессы предприятия, а также способствует повышению его эффективности.

Список используемых источников:

1. Тикетная система: что это такое и зачем она нужна бизнесу [Электронный ресурс]. URL: https://dzen.ru/a/Y3ZBpA14_Sz_VKYK (дата обращения: 13.02.2024)
2. Тикет-система: что это, возможности, интерфейс и как работать в ней [Электронный ресурс]. URL: <https://yeahdesk.ru/blog/ticketing-system-howto> (дата обращения: 04.02.2024)

Разработка интеллектуальной системы конспектирования видеолекций с использованием нейронной сети и клиент-серверной архитектуры

Карташов Д.М., Ковязина Д.Н.

Научный руководитель — Новиков А.Ю.

МАИ, Москва

В условиях современного образовательного пространства и растущей цифровой трансформации, представляется неотложной задачей разработка интегрированной системы клиент-серверного взаимодействия для обеспечения эффективного конспектирования видеолекций. Разработанная система предлагает интеграцию клиент-серверной архитектуры для загрузки видео и применения нейросетевых алгоритмов для автоматического создания конспекта в удобной для чтения форме.

В современном образовательном контексте существует потребность в эффективных инструментах обработки и систематизации информации, предоставляемой в виде лекций. Разработанная система предлагает интеграцию клиент-серверной архитектуры для загрузки видео и применения нейросетевых алгоритмов для автоматического создания конспекта в удобной для чтения форме.

Основным инструментом анализа и обработки данных является передовая нейросеть ChatGPT, обладающая способностью взаимодействия в режиме диалога и обработки естественного языка. Решение использовать ChatGPT обусловлено его высокой эффективностью в задачах определения структуры и ключевых моментов лекций, что способствует формированию содержательных субтитров.

Результаты работы системы предоставляют пользователям удобный доступ к содержанию лекций в формате текстовых субтитров, способствуя улучшению усвоения материала и экономии времени при изучении образовательных материалов.

Уникальность предложенной системы заключается в том, что она предоставляет студентам возможность локально запускать программу без обязательной зависимости от платных решений. Это позволяет любому студенту получать конспект в удобном виде, обеспечивая доступность образовательного контента и уменьшая финансовые барьеры для получения высококачественной образовательной поддержки.

Список используемых источников:

1. Омеляненко, Я. Эволюционные нейросети на языке Python / Я. Омеляненко. — Москва : ДИК Пресс, 2020. — 310 с. — ISBN 978-5-97060-854-8.
2. Пратик, Д., Искусственный интеллект с примерами на Python. / Д., Пратик. — Санкт-Петербург : Диалектика, 2019. — 448 с.
3. Бэнкс А React: современные шаблоны для разработки приложений / А Бэнкс, Е Порселло. — 2-е издание. — Санкт-Петербург : Прогресс книга, 2022. — 320 с. — ISBN 978-5-4461-1492-4

Функциональная архитектура системы принятия решения о проведении косметического ремонта помещений

Качалин В.С.

Научный руководитель — профессор, д.п.н. Чванова М.С.

МАИ, Москва

Со временем состояние внутренней отделки помещений ухудшается: появляются различные дефекты. В связи с этим перед владельцем помещений встает вопрос о целесообразности проведения косметического ремонта. Однако в силу различных причин может быть принято нерациональное решение, самая банальная причина — отсутствие необходимых знаний. В таких случаях лучше отдать принятие решения профессионалу либо специализированному программному обеспечению. Второй вариант может быть предпочтительней ввиду меньших финансовых и временных затрат пользователя. К сожалению, на текущий момент такой системы нет, однако уже ведутся исследования, конечная цель которых — создать такую систему. К примеру, уже разработана математическая модель процесса принятия решения о проведении косметического ремонта помещений [1] и создан алгоритм для автоматического извлечения информации из планов БТИ [2]. Текущим же шагом является создание функциональной архитектуры системы принятия решения о проведении косметического ремонта помещений.

Система представляет собой множество подсистем, которые выполняют собственные задачи по обработке информации и передают её в следующую подсистему. Таким образом архитектуру можно представить в виде последовательного конвейера.

Первая подсистема отвечает за получение информации «извне». Она представляет собой интерфейс, через который пользователь передает имеющиеся данные о факторах (Факторы представляют собой независимые от человека обстоятельства, которые влияют на принимаемое решение [1]).

Следующий этап — анализ факторов. Однако факторов может быть довольно много и при этом они могут принимать различные виды: текст, мультимедиа. Предварительно можно сказать, что при последовательной обработке факторов данный этап может стать узким местом, которое будет замедлять работу всей системы. Избежать этого можно расположив параллельно друг другу множество подсистем анализа различных факторов. Однако для обеспечения этого подхода предыдущей подсистеме необходимо предварительно отделять каждый фактор от всех остальных, чтобы можно было его подать на вход подсистемы анализа соответствующего фактора.

Как только всё множество факторов проанализировано, подсистема компоновки результатов анализа собирает результаты обработки в единый вектор, который затем передается в подсистему принятия решения.

Подсистема принятия решения в свою очередь является составной — в неё входят: блок акторов-генераторов, подсистема компоновки результатов генераторов, блок акторов-экспертов и подсистема окончательного принятия решения.

Блок генераторов состоит из нескольких искусственных интеллектуальных акторов (АГ), каждый из которых получает на вход набор проанализированных факторов и на его основе генерирует свой ответ о необходимости проведения косметического ремонта. Стоит отметить, что АГ не должны являться копиями друг друга.

АГ отдают свое решение в подсистему компоновки результатов генераторов, которая объединяет все ответы в один запрос, который передается в блок акторов-экспертов.

Блок акторов-экспертов состоит из трёх искусственных интеллектуальных акторов (АЭ). Использование нескольких АЭ вместо одного объясняется тем, что коллективный интеллект обладает преимуществом над интеллектом индивидуального актора [3], что позволяет увеличить вероятность принятия релевантного решения. В то же время наличие трех АЭ позволяет на следующем этапе ввести троичную логику, т.е. выдавать ответы не только «Выполнить ремонт», «Не выполнять ремонт», но и ответ «Не знаю». Наличие третьего ответа позволяет снизить вероятность появления ситуации, когда принимается нерелевантное

решение [4]. АЭ рассматривают ответы АГ и опираются на исходные данные при вынесении своего решения.

Как только все АЭ выдают своё решение в работу включается подсистема окончательного принятия решения. На основе результатов работы АЭ подсистема принимает решение исходя из трюичной логики. Делается это следующим образом: т.к. блок акторов-экспертов состоит из трёх искусственных интеллектов окончательному ответу всей системы «Выполнить ремонт» будет соответствовать единогласно принятый экспертами утвердительный результат работы, который выдал один или несколько АГ. Ответу «Не выполнять ремонт» будет соответствовать ситуация, когда все три АЭ единогласно оценили, как релевантный отрицательный ответ АГ. В случае, когда АЭ не пришли к единому мнению, т.е. имеется два положительных ответа и один отрицательный либо наоборот, окончательный ответ системы воспринимается как «Не знаю», в таком случае системе требуется больше информации либо стоит обратиться к специалисту.

Приведенная в работе архитектура системы принятия решения о проведении косметического ремонта помещений позволяет учитывать различные факторы, влияющие на решение; снизить вероятность принятия неправильного решения и предоставляет возможность системе давать ответ «Не знаю», чтобы при недостаточности или неоднозначности информации (АЭ не договорились) пользователь обратился к специалисту или предоставил больше данных.

Список используемых источников:

1. Качалин В.С., Калугин А.В. Математическая модель процесса принятия решения о проведении косметического ремонта помещений // Современные наукоемкие технологии, 2023, №10, С. 45-54; DOI: 10.17513/snt.39790

2. Качалин В.С. Разработка алгоритма извлечения информации из отсканированных планов БТИ // Сборник тезисов докладов XLIX международной молодёжной научной конференции «Гагаринские чтения — 2023», С.303–305

3. Woolley A.W., Chabris C.F., Pentland A., Hashmi N., Malone T.W. Evidence for a Collective Intelligence Factor in the Performance of Human Groups // Science, Vol. 330, No. 6004, 2010, pp. 686–688

4. Протасов В.И. Методология и практика построения систем коллективного интеллекта : дис. ... док. техн. наук. М., 2021, 314 с.

Исследование алгоритмов кластеризации методом муравьиных колоний и его модификации на основе медоидов

Кильмишкин Н.В.

Научный руководитель — Титов Ю.П.

МАИ, Москва

В наше время алгоритмы кластеризации выступают ключевым инструментом в области обработки данных, предоставляя эффективные методы группировки информации в больших наборах данных. Развитие вычислительных технологий содействует не только увеличению сложности вычислительных задач, но и обеспечивает возможность применения более сложных алгоритмов кластеризации, чьи результаты превосходят возможности традиционных методов.

Алгоритмы кластеризации позволяют автоматически выявлять структуры и закономерности в многомерных пространствах. Это особенно актуально в контексте больших объемов информации, где ручная обработка становится непрактичной. Современные алгоритмы кластеризации способны оперативно адаптироваться к разнообразным типам данных и решать задачи как сферы бизнеса, так и науки.

Исследование заключается в анализе алгоритмов кластеризации, основанных на методе муравьиных колоний, и их модификаций с использованием медоидов в качестве центральных точек кластеров. Основной целью исследования является выявление влияния различных входных параметров на эффективность алгоритмов. Варьируются параметры, такие как количество итераций, коэффициент испарения феромона и расстояние до ближайшего медоида. Полученные результаты позволяют выделить оптимальные конфигурации параметров

для улучшения производительности алгоритмов кластеризации на основе метода муравьиных колоний.

Исследование проводится в разрабатываемом ПО, которое является самостоятельным приложением. Оно состоит из графического поля и входных полей для различных параметров, таких как количества кластеров, муравьёв, кластеризируемых объектов, коэффициенты испарения, влияния феромонов и влияния расстояния и другие. Программное обеспечение имеет возможность самостоятельно менять выбранный параметр для автоматизированного сбора статистики.

По окончании работы программы отображается статистика относительно выбранного параметра, что позволяет подробно изучить его влияние.

Программное обеспечение разрабатывается языке высокого уровня Python. Графический интерфейс реализован с помощью пакета модулей Python Tkinter. Визуализация статистики реализована с помощью пакета модулей Python matplotlib.pyplot.

Список используемых источников:

1. Héctor D. Menéndez, Fernando E. B. Otero & David Camacho: MACOC: A Medoid-Based ACO Clustering Algorithm //ANTS 2014: Swarm Intelligence pp 122–133(2014)

2. Jones, C., Pedregosa, F., Vanderplas, J., и др. (2011). Scikit-learn: Machine Learning in Python: [Электронный ресурс] URL: <https://scikit-learn.org>

Разработка системы передачи защищённых сообщений с использованием методов внедрения данных

Козлов Д.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Романенков А.М.

МАИ, Москва

В наши дни технологии практически неотделимы от повседневной жизни. Одина и ветвей прогресса принесла нам мессенджеры. Очень удобный способ для коммуникации, которым ежедневно пользуются сотни миллионов человек.

Однако, наиболее популярные представители мессенджеров разработаны и поддерживаются зарубежными компаниями, что может вызывать определенные риски для пользователей, связанные с безопасностью и конфиденциальностью данных. Петабайты чувствительной информации хранятся на серверах за пределами страны, в любой момент такие данные могут быть использованы со злым умыслом. Известны случаи, когда некоторые недобросовестные компании продавали пользовательскую информацию. Также никто не застрахован от утечек и хакерских атак. Эта работа предназначена для решения перечисленных проблем.

Во-первых, это полностью отечественная разработка, что решает проблему с импортозамещением. Соответственно, данные пользователей будут под защитой законов государства. Поддержка такого проекта будет более отзывчива для русскоязычной аудитории, с чем могут быть проблемы у зарубежных аналогов. Также запуск такого проекта положительно скажется на развитии IT-индустрии и экономики, создаст новые рабочие места.

Во-вторых, проект способствует повышению уровня безопасности данных. При должном умении, злоумышленник может перехватить любое сообщение, однако он столкнётся с тем, что данные были зашифрованы. Существуют различные методики взлома таких шифров, поэтому даже защищённые данные рано или поздно становятся раскрытыми. Для усложнения взлома пользовательской информации, помимо шифрования в работе используется сокрытие данных методом стеганографии. Суть заключается в том, что данные “вшиваются” в малозначимые биты пикселей картинки. Результатом такой операции будет почти неотличимая от оригинала картинка. Без прообраза, взлом злоумышленника будет значительно замедлен тем, что сначала нужно каким-то образом выбрать из картинки реальные спрятанные данные. Таким образом, данные хоть не становятся полностью защищёнными (сейчас не существует способов на 100% обезопасить информацию),

но раскрыть их становится значительно сложнее, что и отличает данный подход от того, что используется в привычных решениях.

В результате, получаем отечественный мессенджер со всеми плюсами импортозамещения, который не будет уступать по функциональности зарубежным аналогам. Безопасность данных такого продукта значительно повышена в сравнении с привычным подходом к обмену информации. Таким образом, данное решение принесёт пользу ИТ-индустрии и экономике и найдёт себе применение в руках пользователей.

Список используемых источников:

1. Zhang Z. et al. Chaotic color multi-image compression-encryption/LSB data type steganography scheme for NFT transaction security //Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences. — 2023.
2. Qin Wang, Rujia Li, Qi Wang, Shiping Chen Non-fungible token (NFT): Overview, evaluation, opportunities and challenges //arXiv preprint arXiv:2105.07447. — 2021. — 22 с.
3. Hamid, N., Yahya, A., Ahmad, R. B., & Al-Qershi, O. M. et al. Image steganography techniques: an overview //International Journal of Computer Science and Security (IJCSS). — 2012. — Т. 6. — №. 3. — С. 168–187

Применение языковых моделей на базе искусственного интеллекта в анализе учебных работ по программированию

Козулин Н.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Полицын С.А.

МАИ, Москва

Быстрое распространение и рост возможностей языковых моделей на базе искусственного интеллекта сопряжены с рядом новых вызовов, один из которых касается академической сферы. Поскольку в настоящее время языковые модели уже способны на основе описания условия задачи выдавать корректный код программы, возникает проблема оценки практических работ по программированию, которые могут быть частично или полностью написаны языковыми моделями.

В МАИ разработан и используется комплекс автоматизированной проверки практических работ студентов по программированию и проектированию [1]. Данный комплекс уже позволяет проверять корректность работы решений, соответствие кода установленному стилю написания, а также находить заимствования среди сданных решений. Так, первой частью исследования является попытка определения качества сравнения исходного кода программ языковыми моделями для оценки непосредственного применения данных моделей вместо комплекса проверки в анализе студенческих работ. Также данный комплекс не способен определять наличие сгенерированного языковыми моделями кода. Поэтому второй частью исследования выступает попытка определения возможности определения сгенерированного кода при помощи языковых моделей для расширения возможностей комплекса автоматизированной проверки.

В рамках исследования применялась наиболее популярная языковая модель ChatGpt [2] версии 3.5, а также ее отечественные аналоги — YandexGpt2 [3] от Яндекса и GigaChat [4] от Сбера.

Для определения качества сравнения исходного кода был проведен ряд тестов с различными видами изменений в коде для небольшой известной программы, в качестве которой выступала реализация алгоритма пузырьковой сортировки в размере около 100 строк, и для более крупной произвольной программы в 2000 строк. Сравнение исходного кода проводилось со следующими его модификациями в порядке усложнения модификаций:

1. Неизмененный код.
2. Код с измененными комментариями и форматированием.
3. Код с переименованными идентификаторами.
4. Код с перестановкой выражений.
5. Код, декомпилированный на несколько функций.

GigaChat показал худшие результаты, не справившись со сравнением абсолютно идентичного небольшого кода и указав не существующие различия между программами. В то же время результаты сравнений YandexGpt стали частично некорректными только при сравнении кода с измененными комментариями и форматированием. В отличие от первых двух языковых моделей, ChatGpt смог показать удовлетворительный результат сравнения вплоть до изменений идентификаторов. И только для кода, представленного в виде композиции функций, данная языковая модель выдала некорректный результат даже на программе небольшого размера.

Поскольку контекст языковых моделей сильно ограничен, качество их ответов падает с увеличением размера входных данных. Так для подтверждения этого факта в рамках сравнения программ проверка работы языковых моделей также проводилась с использованием программы большего размера. В итоге ChatGpt, показавший лучшие результаты с небольшой программой, не смог справиться уже со сравнением код с измененными идентификаторами.

На основе полученных данных можно утверждать, что, как минимум, данные языковые модели не применимы для задачи сравнения программ.

Для определения сгенерированного кода в программах, полученных от самих языковых моделей по условию поставленной задачи, в рамках исследования были взяты по 10 решений от каждой рассматриваемой языковой модели. Сначала полученные решения сравнивались друг с другом для определения их вариативности в ходе чего было выяснено, что у ChatGpt наиболее похожие решения, средний процент оригинальности которых составляет 15%, а у GigaChat и YandexGpt решения сильно отличаются друг от друга — средние проценты оригинальности 40% и 58% соответственно.

Далее сгенерированные решения сравнивались уже со сданными студентами работами. При этом полученные проценты оригинальности для каждого сравнения сгенерированного решения с рукописным были около 59%, что свидетельствует об их сильной разнице. Но поскольку языковые модели не всегда выдают корректное решение, с отфильтрованными корректными решениями были проведены еще сравнения между только сгенерированными программами и с решениями студентов. Полученные проценты оригинальности не сильно отличаются от предыдущих сравнений, что указывает на возможность использования сгенерированных решений для обнаружения других решений написанных рассматриваемыми языковыми моделями.

В рамках данной работы были исследованы возможности различных языковых моделей на базе искусственного интеллекта в рамках решения задачи сравнения исходного кода программ. Также было протестировано определение наличия сгенерированного кода в представленных решениях путем добавления сгенерированных языковыми моделями по постановке задач решений. В итоге было выяснено, что языковые модели не могут справиться со сравнением исходного кода программ, но их можно использовать для определения наличия сгенерированного кода в полученных решениях.

Список используемых источников:

1. Данилова, И. И. Применение автоматизированных тестов и инструментов статического анализа в информационной системе проверки программ в рамках обучения программированию / И. И. Данилова, С. А. Полицын // Информатика: проблемы, методология, технологии : Сборник материалов XIX международной научно-методической конференции, Воронеж, 14–15 февраля 2019 года / Под ред. Д.Н. Борисова. — Воронеж: Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2019. — С. 921–926.

2. ChatGpt [Электронный ресурс] : официальный сайт программного продукта. — Режим доступа : <https://chat.openai.com/>

3. YandexGpt2 [Электронный ресурс] : официальный сайт программного продукта. — Режим доступа : <https://ya.ru/gpt/2>

4. GigaChat [Электронный ресурс] : официальный сайт программного продукта. — Режим доступа : <https://developers.sber.ru/gigachat/>

Роль семантико-синтаксических шаблонов в работе семантического классификатора сообщений электронной почты

Копиевский Н.Ю.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Фомичев В.А.

МАИ, Москва

При работе с информационными системами обмен сообщениями часто имеет большую нагрузку на получателя, особенно при большом объеме сообщений. Для облегчения этой нагрузки используют системы семантической классификации сообщений электронной почты.

Существуют различные подходы: подходы, основанные на правилах; подходы, основанные на машинном обучении; подходы, комбинирующие правила и машинное обучение.

В зависимости от конкретного семантического классификатора способы задания семантико-синтаксических шаблонов разные. В данной работе используется теория К-представлений для задания семантико-синтаксических шаблонов. Использование К-представлений для составления семантико-синтаксических шаблонов позволяет учитывать контекст и связи между смысловыми единицами в естественно-языковых текстах, что повышает точность классификации при обработке данных, а также позволяет представлять знания и информацию с высокой степенью абстракции, что упрощает их использование при решении сложных задач.

Семантико-синтаксические шаблоны представляют собой структурированные правила для анализа содержимого сообщений электронной почты и определения их семантики. Использование семантико-синтаксических шаблонов позволяет семантическому классификатору точнее определять категорию сообщений на основе их содержания, учитывать контекст сообщения и его структуру, интерпретировать текст сообщений, выделять ключевую информацию и автоматически присваивать соответствующие метки или категории. Обновление и модификация семантико-синтаксических шаблонов позволяют адаптировать классификатор к новым типам сообщений и изменениям в языке общения. Правильно настроенные шаблоны помогают снизить количество ложноположительных результатов при классификации сообщений, улучшая общую эффективность работы классификатора.

Использование теории К-представлений для задания семантико-синтаксических шаблонов происходит в соответствии с правилами, позволяющими задать конкретные слова, части речи, семантические единицы и типы семантических единиц (сортов) в тексте. Дополнительные элементы правила позволяют указать последовательность положительных показателей агрегатов, позволяющих конкретизировать смысл анализируемого.

Семантико-синтаксический шаблон для определения времени ответа имеет следующий вид: 1#Неделя, %%1#прошлый/прошедший/до, 3#срок, 3#дата_время ***НЕДЕЛЯ*** 4#физ_действие. Указанный шаблон определяет сообщение, время ответа на которое составляет менее одной недели. Так для текста “Прошу прислать указанные данные не позже следующей недели” компьютерная система проведёт следующий анализ: в тексте должно встречаться слово “неделя”, в полученном сообщении оно встречается в форме “недели”. Морфологический анализатор преобразует слово в форму “неделя”, что соответствует шаблону, таким же образом исключается присутствие слов “прошлый/прошедший/до”. Текст “не позже” определяется смыслом “срок”, что также соответствует шаблону, затем проверяется смысл “недели”, который также является временем. Далее происходит уточнение, что необходимо сделать получателю: получателю необходимо совершить физическое действие — выслать указанные данные. Таким образом представленный текст соответствует шаблону. При соответствии шаблону система назначает определённую метку, в данном случае метку “Время ответа: Неделя”.

При исключении из указанного шаблона любой части, точность классификатора снизится. Так для шаблона “1#Неделя, %%1#прошлый/прошедший/до 3#дата_время ***НЕДЕЛЯ*** 4#физ_действие” сообщение “Мы вышлем все необходимые данные на этой неделе” будет определено полностью некорректно, так как сообщение указывает планируемое действие, а не устанавливает необходимый срок ответа.

Таким образом, используя теорию К-представлений, возможно задание семанτικο-синтаксических шаблонов, позволяющих повысить точность классификации естественно-языковых текстов.

Список используемых источников:

1. Fomichov V. A. Semantics-Oriented Natural Language Processing: Mathematical Models and Algorithms // IFSR International Series on Systems Science and Engineering, vol. 27. New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer, 2010. — 352 p.

Применение технологии SPA для ускорения web-интерфейса на примере платформы «Опросы 307»

Коровичев А.А., Егоркина А.Е., Сайдалиева Д.Р.

Научный руководитель — Сокольский А.М.

МАИ, Москва

При разработке web-платформ особое внимание следует уделить удобству интерфейса, а также скорости и оптимизации серверной части для получения и передачи данных. Достаточно часто происходят ситуации, когда быстродействие интерфейса может сыграть решающую роль для пользователя.

Доказано, что если сайт загружается более трех секунд, то больше половины пользователей покинет его. Следовательно, в web-приложениях, направленных на массовое использование, важно следить за временем отклика, скоростью перемещения между страницами и «дружелюбностью» интерфейса (чтобы пользователю не приходилось задумываться «А куда же мне нажать?») [1].

На платформе «Опросы 307» была выбрана технология Single Page Application (далее SPA), потому что пользователь очень часто находится на странице прохождения опроса и именно там совершает основные действия. Если бы каждое действие сопровождалось загрузкой новой страницы, то процесс прохождения стал бы чрезвычайно долгим и утомительным, пользователь быстро терял интерес и закрывал приложение не пройдя опрос. Также, так как статистику необходимо сохранять и часто иметь связь с сервером, то применялись fetch-запросы, которые полностью избавляют сайт от избыточных перезагрузок [2]

Вышеописанный функционал требует подбора соответствующих библиотек и фреймворков, которые будут работать в связке с HTML и JavaScript, а также организации быстрой и правильной работы с сервером.

На основе вышесказанного, для использования данных технологий на web-платформе, была выбрана JavaScript библиотека React для создания пользовательских интерфейсов, потому что она имеет удобную и гибкую маршрутизацию React Router, которая позволяет предоставить пользователю сайт в виде единого приложения, которое имеет плавные и быстрые переходы между страницами, без дальнейшей перезагрузки.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- 1) Разработан графический интерфейс в соответствии с технологией SPA.
- 2) Организована работа с сервером при помощи асинхронных запросов.
- 3) Протестирован результат проделанной работы.

Проведенные тесты показали целесообразность выбора указанного выше программного комплекса, а также достаточное быстродействие и приемлемое «юзабилити» SPA.

Список используемых источников:

1. Исследование Google / [Электронный ресурс] // RT: [сайт]. — URL: <https://blog.google/products/admanager/the-need-for-mobile-speed/>

2. Single page application / [Электронный ресурс] // RT: [сайт]. — URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Singlepage_application#:~:text=A%20singlepage%20application%20\(SPA,browser%20loading%20entire%20new%20pages.](https://en.wikipedia.org/wiki/Singlepage_application#:~:text=A%20singlepage%20application%20(SPA,browser%20loading%20entire%20new%20pages.)

Исследование систем сбора, обработки, анализа и моделирования показателей промышленных предприятий с помощью программных решений

Криворотова Е.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бутко А.О.

МАИ, Москва

Ключевым фактором при принятии управленческих и стратегических решений на предприятиях является опора на собранные и обработанные данные организации. Для обработки, анализа, моделирования, а также наглядного представления информации о текущем положении компании используются современные программные решения.

К современным методам анализа данных и визуализации, играющим важную роль в управлении, обеспечивая более эффективное принятие решений и улучшение производственных процессов, относятся дашборды, системы отчётности и аналитические инструменты. Представление данных в удобном графическом виде (визуализация) очень важна, так как автоматически строящиеся графики по данным облегчают понимание текущей ситуации на предприятии, а также его прогнозное будущее.

Дашборды — это инструмент для визуализации данных, с помощью которого можно отслеживать статусы производственных процессов, осуществлять мониторинг производственных показателей в режиме реального времени, определяя таким образом проблемные области и принимая оперативные решения. Системы отчётности — инструмент, предоставляющий сводную информацию о производственных процессах, финансовых показателях, качестве продукции и других аспектах деятельности предприятия, с помощью которых управляющий персонал принимает информированные и обоснованные решения. Аналитические инструменты, к которым можно отнести методы машинного обучения, статистический анализ, прогнозирование, обрабатывают большие объёмы данных для выявления тенденций и скрытых закономерностей, прогнозирования показателей, что также, как и вышеприведённые инструменты, помогает управленческому персоналу принимать оптимальные взвешенные решения и таким образом повышать эффективность организации.

Для анализа и моделирования показателей предприятия существует множество языков программирования с написанными специально для этих задач библиотеками:

- Python, широко использующийся для анализа данных (библиотеки Pandas, NumPy, SciPy, для визуализации — Matplotlib, Seaborn) и моделирования (для машинного обучения и статистического моделирования показателей библиотеки Scikit-learn, TensorFlow, PyTorch.R).
- R, у которого существует множество пакетов для работы с данными (dplyr, ggplot2, tidyr), облегчающих анализ данных и визуализацию.
- Java и Scala, применяющиеся для больших корпоративных систем анализа данных, с их библиотеками для обработки данных (Apache Spark и Apache Hadoop), для веб-приложений и визуализации данных на стороне клиента используются такие фреймворки и библиотеки, как D3.js, Chart.js, Highcharts.
- C#, использующийся в различных корпоративных средах, особенно связанных с использованием Microsoft технологий, для разработки приложений для анализа и моделирования показателей предприятия, с его библиотеками и фреймворками DisLin, WPS, Windows Form и др.

В настоящее время для сбора, анализа, визуализации и прогнозирования показателей предприятия, существует множество готовых программных продуктов и инструментов, реализованных в том числе с помощью представленных выше языков программирования и их библиотек. К полноценным программным продуктам по управлению предприятием относятся, например, Microsoft Power BI (написан на языке C#, использует библиотеки .NET Framework для обработки данных), Tableau (написан на языке Java, использует различные библиотеки для визуализации данных, такие как D3.js) и другие. К инструментам можно отнести такие как Apache Spark (распределённая вычислительная система, предоставляющая API для работы с данными на больших кластерах), Databricks (облачная аналитическая платформа) и другие.

В процессе дальнейшей работы планируется создать демонстрационный программный продукт, моделирующий влияние хозяйственных операций абстрактного промышленного предприятия на состояние его показателей и визуально отображающий в графическом удобном представлении все изменения во временном разрезе с определённой частотой или по требованию пользователя. Такой программный продукт может использоваться на предприятиях в качестве обучения для управленческого персонала, а также как пример инструмента анализа, моделирования и визуализации данных предприятия, который может быть реализован в реальной организации. Для разработки будет использоваться язык программирования C# или Python и их библиотеки, написанные для решения этих задач.

По результатам исследования можно сделать вывод, что на данный момент для сбора, обработки, анализа и моделирования данных предприятия существует множество языков программирования и написанных для этих целей библиотек, способных решить задачу эффективного представления информации о показателях предприятия в удобном графическом виде во временном разрезе, а также составить прогноз. На их основе были созданы программные продукты и инструменты, используемые на предприятиях промышленной отрасли.

Список используемых источников:

1. Горлушкина Н.Н. Системный анализ и моделирование информационных процессов и систем. — СПб: Университет ИТМО, 2016. — 120 с
2. Информационные технологии управления: Учеб. пособие / Под ред. Г.А. Титоренко. — М.: ЮНИТИ, 2007.
3. Уэс Маккинни. Python и анализ данных: Первичная обработка данных с применением pandas, NumPy и Jupiter / пер. с англ. А. А. Слинкина. 3-е изд. — М.: МК Пресс, 2023. — 536 с.: ил.

Создание информационно-аналитической платформы управления заказами для кондитеров

Кустиков А.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Полицына Е.В.

МАИ, Москва

В эпоху цифровых технологий информационные системы стали не просто удобством, а жизненной необходимостью. В медицине, образовании, бизнесе, государственном управлении, и даже в ежедневных бытовых задачах сложно представить современную жизнь без использования информационных систем [1-2].

В наше время кондитеры сильно влияют на кулинарную индустрию своими оригинальными идеями и индивидуальным отношением к каждому клиенту. Данное направление способно привлечь внимание людей, которые ценят ручной труд, натуральные ингредиенты и уникальный дизайн.

В отличие от компаний, изготавливающих десерты массово, кондитер способен предложить клиенту уникальный продукт, создавая десерты, соответствующие особым событиям и предпочтениям каждого заказчика.

Однако, сложно вручную самостоятельно вести контроль за множеством деталей, таких как: наличие ингредиентов, информация о заказах из различных источников, ведение бухгалтерского учета. Существует ряд платформ для автоматизации этих процессов. Наиболее популярными из этих платформ являются:

- <https://торты.сайт>
- <https://gdetort.ru>
- <https://russiancakes.ru>

Данные платформы позволяют принимать заказы и просматривать финансовую статистику в виде таблиц или диаграмм, однако ни одна из них не сочетает в себе две эти важные для кондитера функции. Также данные платформы не позволяют кондитеру вести учёт затрат на сырьё, что не позволяет иметь полноценную статистику по расходам.

Разрабатываемая платформа позволит пользователям:

- Просматривать страницы кондитеров
- Оформлять заказы (одобрение/отклонение, общение с клиентом)
- Просматривать историю заказов
- Отслеживать статусы текущих заказов
- Посматривать статистику по заказам
- Оставлять отзывы

Микросервисная архитектура разрабатываемой платформы состоит из шести модулей, что обеспечивает гибкость и масштабируемость системы. В качестве языка программирования для разработки серверной части платформы выбран Java, который широко используется в индустрии разработки программного обеспечения для реализации веб-приложений [3]. Веб-интерфейс разработан с использованием популярного фреймворка Angular. Взаимодействие между компонентами платформы осуществляется через REST API, стандартный протокол взаимодействия в веб-приложениях, что обеспечивает простоту интеграции и обмен данными между различными модулями. Для хранения информации используется централизованная база данных на основе системы управления базами данных PostgreSQL.

Платформа, способствуя автоматизации процессов учета и управления заказами и ресурсами, освобождает ресурсы и время кондитеров, позволяя им более полноценно реализовывать свой творческий потенциал и обеспечивать высокий уровень обслуживания. Все это способствует развитию кондитерской отрасли и улучшению удовлетворенности клиентов за счет улучшенной доступности и управляемости услуг.

Список используемых источников:

1. Чумакова В. П. Информационная перегрузка / Чумакова В. П. [Электронный ресурс] // iq.hse.ru : [сайт]. — URL: <https://iq.hse.ru/news/215584230.html> (дата обращения: 21.10.2023).
2. Леденева С. В. Обзор рынка CRM систем / Леденева С. В. // International journal of Professional Science. — Нижний Новгород: НОО «Профессиональная наука», №5-2019. — С. 65-67.
3. Бубнов И. Особенности языка Java / Бубнов И. [Электронный ресурс] // GeekBrains : [сайт]. — URL: https://gb.ru/posts/java_features (дата обращения: 14.02.2024).

Программное обеспечение для лабораторных работ по предмету

«Системы управления летательными аппаратами»

Ларькин А.В., Козичев К.О., Самойлова К.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Чемоданов В.Б.

МАИ, Москва

В настоящее время существует много технических устройств, относящихся к классу стендов, одним из которых являются пилотажные стенды. Пилотажный стенд — это комплексное техническое устройство, с помощью которого разрабатываются математические модели ЛА.

На кафедре «Системы автоматического и интеллектуального управления» разработан мобильный пилотажный комплекс под руководством главы НИО кафедры Чемоданова В.Б. для проведения лабораторных работ по таким дисциплинам как «Динамика полёта», «Системы автоматического управления», «Основы автоматического управления».

В данной работе описывается процесс разработки программного обеспечения (ПО) для проведения лабораторных работ и решение на основе данных, полученных из стенда, различных математических и физических задач.

Для достижения поставленной цели было создано ПО, состоящее из 2 частей: внешняя — отображение нужной информации и внутренняя — для внутренней логики, в том числе работы с авиасимулятором.

Каждая лабораторная работа описывается специальным файлом по определённому протоколу и возможно создать новую лабораторную работу без перекомпиляции исходной программы.

Структура файла состоит из: команды запуска авиасимулятора с нужными настройками (положение, скорость, заморозка и другие), запросы — для передачи информации и изменения состояния симулятора. Каждый запрос имеет множество настроек. И графическая часть — то, что будет видно в окне.

В результате проведенной работы представлено программное обеспечение, которое в дальнейшем может быть улучшено.

Список используемых источников:

1. Антонов И.М., Мелюков С.А., Иванов Б.А. Мобильный пилотажный стенд / Сборник тезисов докладов XLVII Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения — 2021» Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). Москва: Издательство «Перо», 2021. — Мб. [Электронное издание]. ISBN 978-5-00189-126-0.

2. R. Fielding; J. Gettys ; J. Mogul ; H. Frystyk ; L. Masinter Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1 1999

Электронный справочник учебного расписания для студентов МАИ

Лебедев К.В.

Научный руководитель — Хорев Т.С.

МАИ, Москва

В качестве первоначальной задачи было принято решение о создании Telegram-бота, целью которого ставится обработка `xlsx`-файлов студенческого расписания и загрузки `json`-файлов расписания посредством API с серверов Московского авиационного института (МАИ), который предоставляет данные расписания для студентов определенной группы за один из заранее определённых периодов времени текущего семестра — сегодня, завтра, послезавтра, текущая, следующая неделя или определённая, выбранная пользователем, неделя. В качестве языка программирования, использованного для разработки, был выбран высокоуровневый язык программирования Python в силу возможности быстро и просто редактировать код и использовать обширное количество доступных библиотек. В процессе выполнения работы были поставлен и решён следующий ряд задач: реализован парсинг таблицы расписания учебного процесса МАИ в формате `xlsx` и последующая запись получаемых данных в `json`-файл в необходимом формате, обработка данных, полученных с сервера МАИ, реализованная с применением шифрования MD5, и создание Telegram-бота для удобного предоставления расписания студентам с возможностью параллельного взаимодействия как с серверной составляющей расписания, так и с локальной. Также обеспечена поддержка одновременного использования бота большим количеством пользователей с использованием принципов асинхронного программирования. В перспективе дальнейшей разработки планируется внедрение расширенного функционала: вывода расписания в графическом формате, возможность редактирования уже существующих файлов расписаний, система уведомлений о возможных изменениях в получаемых данных, добавление комментариев к существующим записям.

Применение имитационного моделирования для решения задач оценки эффективности производства

Лийн Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Борисова Е.В.

МАИ, Москва

В современном мире особую значимость имеет стремительное развитие производственных мощностей в рамках мирового перехода к Индустрии 4.0, что открывает новые возможности и перспективы развития предприятий.

В свою очередь, это порождает новые вопросы и необходимость использования дополнительных данных при принятии управленческих решений по оптимизации и развитию предприятий, которые невозможно получить без проведения качественной и всесторонней оценки текущего уровня предприятия, а также предполагаемого по итогам проведения корректирующих действий. Провести соответствующую оценку предприятия, позволяющую на основе её результатов выявить факторы, имеющие критическое влияние на общий уровень эффективности всего предприятия, является довольно трудоёмкой и проблемной задачей, в особенности в условиях большого количества влияющих факторов и набора критериев эффективности, являющихся по своей сути индивидуальными для каждого конкретного случая.

Для решения описанной проблемы разработаны метод формализации производственных процессов [1], алгоритмы поведения и метод оценки эффективности производства, включающий возможность многокритериальной выборочной оценки, а также позволяющий гибкую перенастройку алгоритмов под специфику исследуемого предприятия за счёт модульного подхода. Метод включает в себя использование инструментов имитационного моделирования, что позволяет снизить процент ошибочных выходных данных, а также сократить трудозатраты в процессе проведения оценки. На основе совокупности разработанных методов и инструментов реализован прототип ПО для автоматизации процесса оценки эффективности производства.

Разработанные в рамках работы методы, инструменты и программное обеспечение позволяют проводить имитационное моделирование существующих и предполагаемых (разрабатываемых) предприятий и на основе его результатов проводить оценку эффективности производственных процессов по собственно определяемым критериям, определять и корректировать параметры процессов, а также получать на выходе набор данных, позволяющий упростить процесс принятия управленческих решений.

На текущем этапе существует набор ограничений, для преодоления которых в дальнейшем предлагается модернизировать алгоритмы под более сложные виды производств, а также усовершенствовать имитационную модель.

Список используемых источников:

1. Лийн Е.А., Коробков М.А., Хомутская О.В., Ванцов С.В. Формализация работы производственного участка для разработки имитационной модели выполнения сменно-суточного задания // Научно-технический вестник Поволжья. — 2023. — №5, — С. 212–215.

Разработка системы поддержки принятия решения врача-уролога

Логинова Д.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Семенова Е.А.

СПбГЭТУ «ЛЭТИ», Санкт-Петербург

В организме человека почки обеспечивают постоянство в крови белков, углеводов и липидов и удаляют чужеродные вещества [1]. Со временем в работе почек могут наблюдаться патологические изменения, наиболее распространены среди них мочекаменная болезнь, киста и опухоль. Золотым стандартом исследования почек на наличие данных заболеваний является рентгеновская компьютерная томография.

Ежедневно врач описывает сотни изображений компьютерной томографии. На анализ одного такого исследования уходит достаточно большое количество времени. Помимо этого, имеет значение и сам человеческий фактор — снижение концентрации внимания врача, что влияет на качество диагностики.

Таким образом, создание системы поддержки принятия решения врача (СППРВ), которая позволяет анализировать изображения компьютерной томографии (КТ) почек, является актуальной задачей.

Первый этап создания системы поддержки принятия решения врача заключается в построении биотехнической системы диагностики пациентов с заболеваниями почек с помощью компьютерной томографии.

Пациенту проводится рентгеновская компьютерная томография. Затем результат КТ исследования сохраняется в базе данных, в которой также содержится вся информация об исследуемом пациенте и другая информация, необходимая для дальнейшей обработки изображения КТ. На вход разрабатываемой СППРВ поступают файлы в формате DICOM, содержащие информацию о проведенном исследовании, система анализирует их и предоставляет полученные результаты врачу. База знаний включает в себя нейронную сеть, информацию об обучающем наборе изображений для нейронной сети.

В основе такой системы лежит машинное обучение. Данная система с помощью нейронной сети и компьютерного зрения должна определять на снимке компьютерной томографии наличие патологий почек — мочекаменная болезнь, киста, опухоль — и формировать рекомендации, на которые может ориентироваться врач. Таким образом система позволит повысить эффективность диагностики пациентов с заболеваниями почек.

Для построения качественной и эффективной модели искусственного интеллекта необходимо наличие надежного и подробного набора обучающих данных. Обучающий набор данных взят из открытого доступа [2], который содержит более 12000 уникальных данных. КТ исследования разделены на четыре группы — норма, мочекаменная болезнь, киста и опухоль почек.

На данный момент разрабатывается часть системы поддержки принятия решения врача — формирование заключения о наличии мочекаменной болезни. В общем случае процесс формирования заключения состоит из следующих этапов:

1. Конвертация полученного с пациента КТ исследования в формат изображения, так как КТ исследования имеют формат DICOM.
2. Классификация изображения — определение на каждом срезе наличия конкремента. Это необходимо для отделения нефролитиаза от других случаев.
3. Автоматический поиск среза во всех плоскостях (аксиальной, коронарной, сагиттальной), на котором размер камня является максимальным.
4. Расчет объема камня.

В дальнейшем планируется разработка формирования рекомендаций для пациентов с кистами и опухолями почек с учетом их особенностей для создания полноценной системы поддержки принятия решения, которая дифференцирует на КТ изображениях нефролитиаз, кистозное и опухолевое образования почек.

Таким образом, особенность диагностики врачом заболеваний почек и повышение частоты случаев выявления мочекаменной болезни определили актуальность создания системы поддержки принятия решения врача, позволяющей анализировать изображения компьютерной томографии почек. Для сокращения времени анализа КТ исследования и предоставления врачу второго мнения разрабатывается данная система, способная классифицировать у пациента наличие камня среди нормы и двух других патологических образований и определять характеристики этого конкремента.

Список используемых источников:

1. Штаненко Н.И. Обмен веществ и энергии. Терморегуляция. Выделение: учеб.-метод. пособие для студентов 2 курса всех факультетов медицинских вузов / Н.И. Штаненко, Г.А. Медведева. — Гомель: ГомГМУ, 2015. — 73 с. ISBN 978-985-506-729-1
2. Islam MN, Hasan M, Hossain M, Alam M, Rabiul G, Uddin MZ, Soylu A. Vision transformer and explainable transfer learning models for auto detection of kidney cyst, stone and tumor from CT-radiography. Scientific Reports. 2022 Jul 6;12(1):1-4

Применение CQRS подхода в разработке сервиса по обмену учебными материалами

Магомедов М.А., Карпухина А.В.

Научный руководитель — к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

Актуальность работы обусловлена большим количеством запросов на чтение в сравнении с остальными запросами на запись, что может привести к проблемам, связанным с производительностью, масштабируемостью и эффективностью системы.

В данной работе рассмотрен CQRS-подход построения сервиса, который предполагает разделение ответственности между запросами на чтение и запросами на запись.

Сервис по обмену учебными материалами предполагает возможность создания пользователем сущности конспект и связанных с ним сущностей, а также чтения любых публичных конспектов по соответствующим фильтрам. Для перехода на CQRS ручки сервиса были разделены на `command` и `query`. Причем `command` и `query` имеют каждый свой набор моделей, свой набор сервисов. Для `command` ручек также используется ORM, чтобы удобнее было делать запросы для записи данных. Уровень базы данных также разделен. В нашем случае настроена репликация БД. Данные записываются в `master`, а читаются из `slave`. Переход на CQRS выполнен.

В рамках данной работы было выполнено:

спроектирована архитектура сервиса с CQRS-подходом,

ручки разделены на `command` и `query`,

разделены `handlers` модели,

сделано реплицирование базы данных, запись на `master`, чтение из `slave`.

В результате получено:

улучшена доступность системы за счет разделенного использования бд (`command` запросы используют `master db`, `query` запросы используют `slave db`),

возможность легко вносить изменения в части запросов или команд без влияния на другие части системы,

упрощены тестирование и отладка,

возможность влиять на производительность системы.

Список используемых источников:

1. https://cQRS.files.wordpress.com/2010/11/cQRS_documents.pdf<https://www.programmer-books.com/wp-content/uploads/2019/03/Microservice-Patterns.pdf>

2. <https://www.programmer-books.com/wp-content/uploads/2019/03/Microservice-Patterns.pdf>

Оценка точности соблюдения заданных ограничений выделенных вычислительных ресурсов системой контейнеризации Docker

Марголин М.В.

Научный руководитель — к.т.н. Ильин Д.Ю.

РТУ МИРЭА, Москва

С развитием технологий виртуализации и появлением контейнеризации вопрос эффективного управления ресурсами в современных информационных системах приобрел особое значение. Ключевой аспект, определяющий успешность работы системы контейнеризации, это ее способность формировать изолированное окружение и эффективно управлять доступными вычислительными ресурсами [1].

Docker-контейнеры применяются в различных сферах, в том числе в задачах подготовки нейронных сетей глубокого обучения. Так, в исследовании [2] проводится сравнение уровня потребления ресурсов (CPU — процессорное время, MEM — объем используемой памяти, GPU — время графического процессора) при работе целевой системы в Docker-контейнере и на хост-системе без контейнера. Однако, кроме экономичности потребления вычислительных ресурсов системой контейнеризации, важную роль играет изоляция ресурсов в контейнерах. Наличие изолированной виртуальной среды с фиксированными вычислительными мощностями для контейнеризированных приложений позволяет избегать конфликтов между приложениями, обеспечивает стабильность и предсказуемость работы в условиях ограниченных ресурсов.

Было произведено исследование, направленное на оценку характеристик качества системы контейнеризации Docker при ограничениях выделенных вычислительных ресурсов. Проведен ряд экспериментов, в каждом из которых производилось сравнение потребления ресурсов CPU и MEM для контейнеров на хост-системе с использованием утилиты `docker stats`, а также изнутри с использованием утилиты `ps` для подсчета MEM контейнера и утилиты `top` для подсчета CPU контейнера. В качестве целевой системы, запущенной в Docker-

контейнере, использован сервис статей XWiki. Сервис подвергался нагрузке с помощью инструмента Locust. Эксперимент проводился на базе 2 виртуальных машин под управлением VMware Workstation. На первой виртуальной машине был запущенный сервис XWiki и программа для сбора данных о потреблении выделенных ресурсов, разработанная на языке Python. На второй виртуальной машине был запущен инструмент генерации нагрузки Locust. Использувавшиеся виртуальные машины были настроены с параметрами: количество CPU — 2, объем RAM — 4 Гб.

В результате экспериментов были получены оценки потребления Docker-контейнером таких выделенных вычислительных ресурсов как CPU и MEM. Время выполнения каждого эксперимента, за которое происходил сбор данных, составляло 10 минут. Исследование проводилось как в условиях с заданными ограничениями на CPU и MEM, так и без ограничений. Оценки показали, что Docker-контейнер может превышать заданные ограничения выделенных ресурсов.

Список используемых источников:

1. Программные механизмы изоляции контейнеров DOCKER. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.okbsapr.ru/library/publications/programmye-mekhanizmy-izolyatsii-konteynerov-docker/> (дата обращения 24.01.2024).

2. Xu P., Shi S., Chu X. Performance evaluation of deep learning tools in docker containers // In 2017 3rd International Conference on Big Data Computing and Communications (BIGCOM). IEEE. 2017. P. 395-403. DOI: 10.1109/BIGCOM.2017.32

Проектирование архитектуры приложения для учета финансов

Менчиков А.Л.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Лунена С.Ю.

МАИ, Москва

В современном быстро меняющемся финансовом сегменте первостепенное значение имеет необходимость в надежных и масштабируемых приложениях по учету финансов. Традиционные монолитные архитектуры часто не справляются с динамичными требованиями современных финансовых систем, что заставляет переходить к более гибким и адаптируемым структурам. Таким образом, актуальность применения архитектуры микросервисов для приложений финансового учета становится очевидной.

Постановка задачи заключается в выборе подходящей архитектуры, паттернов проектирования, фреймворков и схемы базы данных для разработки отказоустойчивого и масштабируемого приложения финансового учета. Хотя монолитные архитектуры отличаются простотой, им может не хватать масштабируемости и изоляции от сбоев, необходимых для сложных финансовых операций, поэтому архитектура микросервисов представляет собой перспективное решение, обеспечивающее решение в условиях меняющихся потребностей финансовых систем.

Для решения поставленной задачи были проделаны следующие шаги. На первом этапе было проведено тщательное изучение архитектуры микросервисов и ее преимуществ перед монолитными архитектурами. Исследование включало в себя изучение масштабируемости, отказоустойчивости и модульности, присущих микросервисам, при этом учитывалась их пригодность для приложений финансового учета. Затем были выбраны паттерны проектирования, отвечающие потребностям приложения. В результате, среди прочих, были выбраны паттерны «Декомпозиция сервисов» и «Одна база данных на сервис», поскольку они способствуют масштабируемости и отказоустойчивости приложения.

Следующим шагом был осуществлен выбор фреймворка, который играет ключевую роль для процесса разработки. Фреймворк Spring был выбран из-за его надежных функций, широкой поддержке разработки микросервисов и богатому опыту использования.

Для эффективного управления данными была разработана оптимальная схема базы данных. Спроектированная схема включает пять ключевых таблиц: Account, User, Transaction, Category и Keyword, каждая из которых предназначена для управления финансовыми данными, обеспечивая при этом их целостность.

В работе представлен комплексный подход к разработке приложения для финансового учета, использующий архитектуру микросервисов, тщательно отобранные паттерны проектирования и фреймворк Spring, разработана оптимальная схема базы данных. В результате разработана прототипная реализация приложения, демонстрирующая начальные функциональные возможности, включая вход через мессенджер Telegram для беспрепятственной аутентификации пользователей, запись транзакций в базу данных и первичную реализацию пользовательского интерфейса, обеспечивающего перемещение созданных транзакций в категории с помощью технологии «drag&drop».

Список используемых источников:

1. Мартин Фаулер Микросервисы: определение этого нового архитектурного термина. URL: <https://martinfowler.com/articles/microservices.html> (дата обращения: 14.12.2023).
2. Крис Ричардсон Паттерны микросервисов: С примерами на Java. — 2019
3. Сэм Ньюман Создание микросервисов: Проектирование мелкодисперсных систем — 2015.
4. Эберхард Вольф Микросервисы: Гибкая архитектура программного обеспечения — 2016.
5. Эрик Эванс Доменно-управляемое проектирование: Преодоление сложности в сердце программного обеспечения — 2003.
6. Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р. и Влиссидес Дж. Паттерны проектирования: Элементы многократно используемого объектно-ориентированного программного обеспечения — 1994.

Моделирование процесса загрузки технологического оборудования автоматического участка механообрабатывающего производства методом объектно-событийного моделирования

Москвин Н.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Кузнецов П.М.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Задача уменьшения времени технологического цикла производства изделия и повышения производительности, а, следовательно, его конкурентоспособности однозначно связана с уровнем автоматизации производства, определяемый степенью участия человека в технологическом процессе. На этапе полного исключения человека из цикла изготовления изделия и появления автоматизированных участков неизбежно возникает потребность в загрузке оборудования заготовками, последующей выгрузке готовых деталей или промежуточных переделов производства, дальнейшем их движении в соответствии с технологическим потоком. В таком случае, суммарная производительность цеха (предприятия), состоящего из автоматических участков (цехов), будет зависеть от правильности распределения технологических потоков между ними.

Данная задача является важнейшим элементом организации производства, успешная реализация вышеописанных процессов влечет за собой положительный экономический эффект, исключение брака, связанного с человеческим фактором, возможность перехода предприятия на круглосуточный режим работы без привлечения дополнительных трудовых ресурсов.

Данная работа посвящена созданию алгоритма, позволяющего в автоматическом режиме управлять процессом загрузки оборудования с учетом повышения его производительности и целесообразности загрузки данного типа оборудования конкретными технологическими процессами. При разработке алгоритма был применен метод объектно-событийного моделирования.

В качестве объектов рассмотрены автоматические технологические участки, оснащенные металлорежущими станками и подъемно-транспортными машинами — промышленными роботами. Входными параметрами для алгоритма является время обработки деталей на различных типах оборудования, а также время перемещения деталей промышленным роботом и время обработки всей партии деталей. Выходным параметром является суммарное время

совершенных к текущему моменту времени рабочих ходов, что позволяет, сравнивая его со временем обработки всей партии, закончить управление автоматизированным участком и выйти из управляющего цикла. Таким образом, разработка алгоритма сводится к формализации процесса организации очередности загрузки оборудования с учетом приоритетности определенных видов технологических процессов.

Проблемы реализации интеллектуальной системы централизованного сбора метрик облачных компонентов

Мясников И.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бутко А.О.

МАИ, Москва

В настоящее время использование облачных технологий становится все более распространенным и востребованным в мире информационных технологий. Облачные вычисления обеспечивают гибкость, масштабируемость и доступность ресурсов для различных приложений и сервисов. С увеличением числа компаний и организаций, использующих облачные технологии в своей деятельности, возникает острая необходимость эффективного управления и мониторинга облачной инфраструктуры. Одной из ключевых проблем, с которой сталкиваются администраторы облачных сред, является нехватка средств для сбора и анализа метрик работы облачных компонентов. Традиционные системы мониторинга могут быть неэффективными в условиях динамично развивающихся облачных сред, где требуется мгновенная реакция на изменения и высокая степень автоматизации. Одним из ключевых компонентов успешного облачного решения является способность централизованного сбора метрик облачного окружения, таких как виртуальные машины, контейнеры, сервисы хранения данных и вычислительные ресурсы. Однако управление облачными компонентами требует постоянного мониторинга и анализа метрик для обеспечения их эффективной работы.

В рамках исследования была предложена концепцию интеллектуальной системы, способной автоматически собирать, анализировать и визуализировать метрики работы облачных компонентов. Инструменты и технологии, использованные в процессе построения системы: Kubernetes, Prometheus, Trickster, Grafana. Основными преимуществами такой системы являются возможность оперативного реагирования на изменения в облачной инфраструктуре, повышение эффективности управления и оптимизации ресурсов, а использование кэширующего прокси trickster позволяет нам ускорить чтение из БД Prometheus, благодаря чему система визуализации Grafana способна отображать метрики практически в реальном времени, что позволяеткратно снизить нагрузку на Prometheus, что в итоге приводит к сокращению времени на выявление и устранение проблем, а также к повышению отказоустойчивости системы в целом. К основным проблемам, возникшим в процессе реализации данной системы, относятся:

1. Выбор подходящих инструментов и технологий для мониторинга и сбора метрик с различных облачных сервисов.
2. Проблема нормализации и стандартизации данных для обеспечения их совместимости и сопоставимости.
3. Разработка алгоритмов и методов анализа метрик для выявления аномалий, оптимизации производительности и принятия оперативных решений.

Результаты работы показывают, что использование интеллектуальных систем для централизованного сбора метрик облачных компонентов может значительно повысить эффективность управления облачной инфраструктурой и обеспечить более быструю реакцию на проблемы и изменения. Развитие таких систем является важным шагом в повышении эффективности работы облачных платформ и обеспечении их стабильной и безопасной работы.

Список используемых источников:

1. Клементьев И. П. Устинов В. А. Введение в Облачные вычисления. — Изд-во УГУ, 2009. — 233 с.
2. Mel P., Grance T. The NIST Definition of Cloud Computing: Recommendations of the National Institute of Standards and Technology, 2010. <http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublica—tion800-145.pdf>
3. Пивотто Ж. Бразил Б. Запускаем PROMETHEUS. Мониторинг инфраструктуры и приложений. — Изд-во ДМК Пресс, 2023. — 215 с.

Анализ технологий для реализации образовательной онлайн платформы по материаловедению в авиации

Никитин А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

Стремительное развитие интернета дало толчок для создания онлайн образовательных платформ. В данный момент существует множество различных платформ, каждая из которых по-своему уникальна.

Цель работы: описания подходящего стека технологий для реализации онлайн образовательной платформы для изучения материаловедения.

Для достижения цели необходимо описать стек технологий для:

- Изучить архитектуру образовательной платформы из работы [1];
- Описать стек технологий для платформы.

В работе [1] представлена архитектура уникальной платформы. Для уникальности автор описал, что необходимо реализовать: справочный материал по материаловедению, просмотр интерактивной карты, использование калькулятора для вычисления различных физических величин. Также выделены отдельные сервисы: для пользователей, курсов, самолета с обозначением материала.

Стек технологий необходимо разделить на две составляющие это backend и frontend.

Golang выделяет простота синтаксиса, наличия множества фреймворков, использование для высоконагруженных приложений. Если сравнить с python, то можно выяснить, что данный ЯП уступает в производительности, а также реализация многопоточности не является простой, как это сделано в Golang.

Golang будет применяться для backend. Реализация пользовательского интерфейса будет реализовано с помощью javascript.

Backend будет общаться с frontend по REST с помощью json, который является простым в понимании.

В backend необходимо проанализировать фреймворк для реализации проекта. Среди таких можно выделить Gin, Gorilla, Fiber. Gin выделяется на фоне с другими так как имеет большую поддержку, большую кодовую базу, но в некоторых моментах может уступать в производительности.

Для общения между сервисами можно применить REST, но лучше использовать gRPC, он является быстрым и надежным. Также для гарантированной доставки данных необходимо выделить RabbitMQ и Kafka, для платформы подойдет первый вариант из-за простоты. Из баз данных будет выбрана PostgreSQL, по сравнению с MySQL имеет преимущества в скорости, поддержке, оптимизацией индексов. Документно-ориентированная БД MongoDB, для описания нужной информации о материале.

В части frontend необходимо понимать, что нужно реализовать переход на самолет, на котором будет выделено применение разных материалов. Стоит пояснить, что данную часть легче генерировать на стороне клиента, чтобы не загружать сервер. Для работы с 3d можно использовать WEBGL. Остальная логика будет описана с помощью Nuxt, который имеет преимущества перед обычным Vue, это фокус на простоте написания, а также оптимизация для поиска сайта в интернете.

В заключении необходимо сказать, что архитектура из работы [1] является уникальной, для создания данной платформы необходимо выделить backend и frontend. Стек для backend: Golang, RabbitMQ, gRPC. Frontend: Nuxt, WEBGL. Общение между ними будет осуществляться по REST API.

Список используемых источников:

1. Никитин, А.А. Архитектура высоконагруженного интернет-сервиса: образовательная платформа для изучения авиационных материалов / Никитин А.А. / МАИ, г. Москва — 1 с.

Обзор технологии profile-guided optimization и анализ её влияния на производительность веб-приложения

Пинегин А.А., Охрименко Н.И.

Научный руководитель — к.т.н. Цыркв Г.А.

МАИ, Москва

Оптимизация производительности является важной составляющей процессов разработки и поддержки программных продуктов, напрямую влияя на пользовательский опыт и общую эффективность решения. Среди инструментов, применяемых для улучшения производительности, есть Profile-Guided Optimization (PGO), поддерживаемый некоторыми компиляторами, который позволяет производить оптимизацию на основе анализа данных о реальном использовании приложения.

PGO позволяет компилятору больше сосредотачиваться на оптимизации наиболее часто используемых путей выполнения программы и ее функций. Это достигается за счет предоставления ему профиля приложения, собранного во время его эксплуатации в штатном или же тестовом режиме.

При применении PGO могут использоваться такие оптимизации, как, например:

- Inlining — если одна функция часто вызывает другую маленькую функцию, код второй функции помещается прямо в первую, чтобы программа работала быстрее, сокращая число дополнительных вызовов функций;
- Register Allocation — оптимизация использования программой регистров, чтобы уменьшить число обращений к более медленной памяти;
- Memory Intrinsics — Функции, которые работают с памятью (например, функции копирования или очистки данных), могут быть оптимизированы для наиболее часто используемого размера блоков памяти, а также могут быть встроены;
- И т.д.

В недавних версиях языка (и, соответственно, компилятора) Go (1.20 и выше) была добавлена возможность использования PGO. Процесс его применения может быть представлен в виде нескольких этапов:

- Редактирование исходного кода программы для использования инструмента сбора профиля (pprof);
- Запуск приложения и сбор профиля (с помощью запроса на соответствующий эндпоинт);
- Использование собранного профиля при следующей компиляции (с помощью специального флага -pgo, либо же без флага, просто переименовав необходимый профиль в default.pgo).

В рамках данной работы было разработано веб-приложение с серверной частью на Go, предоставляющее функционал загрузки на сервер фотографий (а также их получения с сервера). Для анализа влияния PGO на производительность использовались как бенчмарки, так и сопоставление профилей до применения PGO и после. Для визуализации и удобства взаимодействия с приложением была разработана клиентская часть с использованием компонентного подхода на языке JavaScript и библиотеки React, а также фреймворка Next.js.

Список используемых источников:

1. Profile-guided optimization. [Электронный ресурс]. URL: <https://go.dev/doc/pgo> (дата обращения: 03.02.2024);

2. React documentation. [Электронный ресурс]. URL: <https://react.dev/learn> (дата обращения: 01.02.2024);

3. Введение в язык Go. [Электронный ресурс]. URL: <https://metanit.com/go/tutorial/1.1.php> (дата обращения: 20.01.2024).

Алгоритмизация извлечения данных из естественно-языковых текстов с метонимичными и метафоричными конструкциями

Подрезов Д.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Фомичев В.А.

МАИ, Москва

В настоящее время, огромное количество данных представлено и хранится в виде текстов на естественном языке (ЕЯ-текстов). Современные технологии машинной обработки текстов позволяют обрабатывать и извлекать необходимую информацию из этих текстов. Однако тексты на естественном языке довольно часто содержат различные фигуры речи наподобии метафоры или метонимии, что делает задачу извлечения данных значительно сложнее. Это обусловлено тем, что существующие инструменты и алгоритмы обработки текстов далеко не всегда учитывают особенности семантики и контекст дискурса.

В исследовательских работах, связанных с изучением семантической структуры ЕЯ-текстов, наиболее распространённым подходом описания семантических представлений (СП) ЕЯ-текстов является Абстрактное представление смысла (АПС). Однако подход АПС имеет несколько серьёзных ограничений. Во-первых, АПС он рассчитан на описание СП только текстов на английском языке. Во-вторых, подход АПС используется для формализации семантики только отдельных предложений. Для решения этих проблем предпринимались попытки расширить оригинальный подход, но почти все они используют для этого статистические подходы или подходы, использующие системы машинного обучения.

Другим наиболее развитым подходом, применяемым для построения СП ЕЯ-текстов, является Теория концептуальных представлений (ТКП) [1]. В отличие от АПС, ТКП предоставляет возможность описания СП для различных языков (русского, английского, немецкого и других). В рамках данного подхода возможно, строить представления как фраз, выражающих высказывания, так и повествовательных текстов; строить и различать обозначения единиц, соответствующих объектам, ситуациям и понятиям; строить и различать обозначения объектов и множеств объектов и множеств понятий. Поэтому в качестве базового подхода для описания СП ЕЯ-текстов была выбрана ТКП.

Под метонимией понимается перенос имени с одного объекта или класса объектов на другой объект или класс, ассоциируемый с данным по смежности, сопредельности, вовлечённости в одну ситуацию.

Под метафорой понимается употребление слова, которое обозначает некоторый класс объектов, явлений, действий или признаков, для обозначения другого, сходного с данным, класса объектов. В отличие от метонимии метафора как правило не использует логические связи и отношения между объектами или явлениями и является скорее ассоциативным приёмом.

Для расширения возможностей подхода ТКП в области семантического анализа метонимии и метафоры были разработаны алгоритмы семантической обработки метонимии и метафоры соответственно. Частично эти алгоритмы описаны в работах [2] и [3].

Для семантического анализа метонимичных фраз была разработана база знаний о предметных областях, в которой фрагменты знаний представлены выражениями СК-языков. Формальная модель базы знаний представляется из себя конечное множество цепочек Concepts-frames, состоящего из выражений, включающих некоторое поясняемое понятие, базовое понятие, поясняющее смысл объясняемого понятия, и характеристики, конкретизирующие поясняемое понятие. Также была разработана база данных Rel-world-objects, содержащая информацию об объектах в мире (предметной области).

Для семантической обработки метафоричных фраз был разработан семантический словарь, в котором устанавливаются соответствия вида Параметры → Аналоги различных семантических единиц и связанных с ними лексическими структурами.

В качестве прикладного использования данного подхода предлагается решение задачи извлечения данных из ЕЯ-текста и регистрация этих данных в целевой базе данных, содержащей сведения о различных объектах и событиях внешнего мира (цены на металлы, пшеницу, нефть, спортивные достижения и т.д.).

Условно работу разрабатываемой системы можно разделить на 3 этапа.

Первый этап основывается на ТКП. Здесь входной текст на ЕЯ преобразуется в выражение СК-языка (К-представление). Если во входном тексте присутствуют метонимические или метафорические конструкции, полученное первичное выражение СК-языка так или иначе будет содержать неточности, проявляющиеся в нарушении семантических ограничений.

Далее это первичное К-представление подвергается проверке на наличие метонимии на месте нарушений семантических ограничений. С помощью базы знаний о предметных областях происходит поиск подходящего под данные ограничения понятия, связанного с найденным фрагментом. В процессе поиска также обращается внимание на контекст, выступающий в роли значений характеристик данного выражения.

Если подобное понятие обнаружить не удалось, данное выражение проверяется, как метафорическое. В таком случае система расширяет поиск подходящего выражения-аналога с применением семантического словаря.

После этого формируется итоговое К-представление с учтёнными и разрешёнными метафорой и метонимией, на основе которого на третьем этапе создаётся и выполняется SQL-запрос к целевой базе данных.

В рамках данного исследования было реализовано приложение на языке Java, использующее предложенный подход.

Список используемых источников:

1. Fomichov V. A. Semantics-Oriented Natural Language Processing: Mathematical Models and Algorithms. IFSR International Series on Systems Science and Engineering. 2010.
2. Fomichov V.A. Intelligent Monitoring of News on Economics and Finance Based on Formal Semantics of the Movement Verbs. 44th International Convention on Information, Communication and Electronic Technology. 2021.
3. Fomichov V.A.: A New Approach to Semantic Parsing of Metonymic Phrases by a Business Intelligence System. 46th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics. 2023.

Разработка программного комплекса для расчёта потребного количества средств наземного обслуживания

Поцелуйкин С.В., Дудко В.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Фетисов Е.В.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Разработка программного комплекса для расчета средств наземного обслуживания является ключевым этапом в современной авиационной индустрии. В условиях постоянно изменяющейся технологической среды и повышенных требований безопасности, эффективность и точность расчетов играют важную роль в обеспечении бесперебойных операций на наземной инфраструктуре.

Целью программного комплекса является автоматизация процесса расчета средств наземного обслуживания, включая техническую и экономическую составляющую. В программном комплексе предусмотрены модули расчета состава, транспортных средств, необходимого количества оборудования, ГСМ и других материально-технических ресурсов. Алгоритмы анализа и прогнозирования позволяют точно определить требования к средствам

наземного обслуживания в соответствии с типом самолета, его характеристиками и планом полета.

В данной работе рассмотрим модуль программы, который позволяет произвести расчет топлива, масла, специальных газов и кислорода, а также на основе этих данных определить потребное количество средств наземного обслуживания для их заправки на летательные аппараты. Для расчета требуемых средств опирались на надежные математические модели и методы

Отдельной из важных составляющих, как и для любого программного продукта является создание графического интерфейса пользователя для удобства работы с программой, поэтому одной из задач для разработчиков стояло, сделать интуитивно понятный и удобный интерфейс, который позволит оперативно выполнять необходимые расчеты и контролировать текущее состояние ресурсов.

Таким образом, комплекс способствует улучшению планирования ресурсов и оптимизации времени обслуживания, что приводит к сокращению эксплуатационных затрат и увеличению общей производительности. На выходе из программного продукта пользователь будет получать данные по количеству транспортных средств, объему потребных ГСМ и времени заправки.

Список используемых источников:

1. Методы математического программирования при разработке автоматизированных систем управления деятельностью авиакомпаний и аэропортов / О.А. Соколов, П.С. Рязанова, У.В. Агафонова, Д.А. Рошин. — Текст: непосредственный // Исследования молодых ученых: материалы XLVI Междунар. науч. конф. (г. Казань, октябрь 2022 г.). — Казань : Молодой ученый, 2022. — С. 7–12. — URL: <https://moluch.ru/conf/stud/archive/462/17487/> (дата обращения: 15.10.2023).

Оптимизация хранения речевого информационного содержания на базе фрагментации звукового потока

Радаев М.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Балакирев Н.Е.

МАИ, Москва

Оцифрованный поток значения амплитуд можно рассматривать с двух сторон с количественной стороны — это данные, и с позиции качественного подхода, тогда в нем содержится информационное содержание, которое является тем продуктом, который формирует образ в сознании человека и таким образом является основой человеческого распознавания. В настоящее время предлагается качественный подход [1], который позволяет структурировать звуковые данные, уменьшая их объем и восстанавливать при необходимости. Наряду с этим появилась возможность фрагментации звукового потока по целому ряду фиксируемых характеристик. Фрагментация позволяет с высокой долей вероятности определять фрагменты, где имеются речевая информация, а еще с большей вероятностью где наблюдаются фрагменты, содержащие «тишину» [2].

Всё это позволяет поставить задачу фильтрации (отбрасывания) фрагментов, не относящихся допустим к речевой информации или с учетом других условий. Одной из таких задач может быть реализация алгоритма, производящего запись данных только при появлении речи человека.

Способ решения.

Учитывая наличие разработок, позволяющих структурировать звуковые данные, производить фрагментацию на основе 22 характеристик, сегментировать звуковой поток и возможности воспользоваться комплексом «Система обеспечения извлечения информационного содержания волн» [3], указанную выше задачу можно реализовать в соответствии со следующей последовательностью операций:

1. Сегментировать поток данных с использованием соответствующей процедуры, буферизуя остальные данные, не записывая их на носитель.

2. Сегментированные данные подвергнуть структуризации на основе структур УНИПРИМов.

3. Полученный массив структур УНИПРИМов обработать процедурой фрагментации по характеристикам, позволяющим определить фрагменты с информационным содержанием «тишины».

4. Выбрать фрагменты, содержащие речевую информацию и записать их на носитель.

5. Обратиться к буферизованным данным и повторить процедуру отбора речевой информации начиная с пункта 1.

Остановка непрерывной записи может быть произведена соответствующей директивой.

Реализация такой системы для записи звуковой информации на основе фрагментации потока позволит эффективно решать проблемы хранения и скорости передачи информации. С помощью такой системы можно увеличить объем записи нужной для анализа информации в «черных» ящиках, обеспечить более оперативный обмен информацией в реальном времени, что будет способствовать принятию быстрых и обоснованных решений.

Список используемых источников:

1. Балакирев, Н. Е. Логико-лингвистический подход при обработке колебательных сигналов (базовая концепция) / Н. Е. Балакирев // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XIV международной научно-методической конференции (Воронеж, 6-8 февраля 2014 г.). — Воронеж, 2014. — С. 331–335.

2. Структуризация и качественное рассмотрение звукового потока в системе синтеза и анализа речи / Н. Е. Балакирев [и др.] // Программные продукты и системы. — 2018. — №4. — С. 768–776.

3. Фадеев М. М., Балакирев Н. Е. Система обеспечения извлечения информационного содержания воли: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023688814 РФ; Заяв. 25.12.2023

Исследование и анализ построения оптимальных нейронных сетей для искусственного интеллекта автономных роботов

Распертова К.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Нагибин С.Я.

МАИ, Москва

В настоящее время такая обширная область, как искусственный интеллект широко применяется в различных сферах жизни и науки. На сегодняшний день построение интеллектуальных систем управления в автономных роботах является актуальным и активно развивающимся направлением для исследования в современном научном сообществе. С каждым днём выпускается всё больше роботов, предполагающих автономное функционирование, а также нацеленных на освоение космоса, мирового океана и иных до этого недоступных человеку пространств различного назначения.

Способность к обучению и самостоятельному решению поставленных задач является главным преимуществом машинного обучения перед традиционными алгоритмами. Одним из подмножеств искусственного интеллекта, а в частности и машинного обучения, являются нейронные сети глубокого обучения (здесь и далее DNN).

Построение автономных роботов с использованием интеллектуальных систем управления на основе DNN является наиболее перспективным способом оценки окружающей среды для самостоятельного обучения и решения затруднительных для устройства ситуаций, связанных с планированием оптимальной траектории движения, оценки текущей обстановки, прогнозирования дальнейших действий в случае обнаружения препятствий и решения иных связанных с функционированием объекта задач.

Допустимо использовать несколько подходов к решению задачи планирования траектории: Реконструкция помещения с помощью остаточной нейронной сети ResNet (здесь и далее ResNet) и виртуальных сред. Калибровкой систем компьютерного зрения; Метод одновременной локализации и картографирования SLAM с использованием нейронной сети прямого распространения; Использование нейронной сети прямого распространения для классификации препятствий и нечёткой логики для управления роботом.

Цель работы: выбор наиболее оптимальной архитектуры глубоких нейронных сетей для выполнения задач по автоматизации навигации автономных роботов.

Результаты: для успешного обучения и эксплуатации роботов были рассмотрены три основных архитектуры DNN, способные считывать и анализировать окружающую среду, а также классифицировать объекты для успешного построения маршрута: сети прямого распространения, рекуррентные нейронные сети, остаточные нейронные сети. В ходе первичного анализа способов построения, достоинств и недостатков было выявлено, что остаточные нейронные сети обладают наибольшим потенциалом, а именно способностью создавать большое количество слоев для более детального анализа поступающих входных данных без потерь точности. Такую архитектуру легко обучать, она хорошо показывает себя в классификации данных и аппроксимации функций. В качестве исследования наилучших методов взаимодействия были рассмотрены различные аппаратные и программные варианты разработки уже существующих автономных роботов, сканирующих окружающую среду при помощи датчиков. Наиболее эффективным и оптимальным автономных роботов, анализирующий окружающую среду с помощью инструментов компьютерного зрения и реконструирующий помещение с использованием архитектуры ResNet.

Список используемых источников:

1. А.А. Жиленков, В.Е. Суровец. Высокоуровневое управление в робототехнике на базе глубокого обучения // Известия ТулГУ. Технические науки. — 2022. — №12. — с. 272–274.
2. Е.Ю. Шмально, И.В. Прокопьев, А.И. Дивеев. Поддержка средств автономной навигации мобильного робота с помощью внутренней модели на нейронной сети // International Journal of Open Information Technologies. — 2023. — с. 25–31.
3. Холодидил И.Ю. Внешняя калибровка всенаправленной системы компьютерного зрения и метод реконструкции внутренней среды помещения // Программные продукты и системы. — 2023. — № 2. — с. 293–302.
4. Б.С. Юдинцев. Синтез нейросетевой системы планирования траекторий для группы мобильных роботов // Системы управления, связи и безопасности. — 2019. — №14. — с. 163–186.

Методы разделения потока данных на сегменты

Родионов В.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Балакирев Н.Е.

МАИ, Москва

При работе с большим объемом данных, включая данные звукового потока, невозможно вести обработку всего объема данных в связи с конечностью ресурсов памяти. Кроме этого обработка такого объема данных требует и значительного времени обработки при их анализе. В проводимых нами исследованиях для упорядочения обработки звуковых данных, наряду со структуризацией нижнего уровня, автоматически структурирующего поток данных в виде структур ПРИМИТИВов и УНИПРИМов [1], производится структуризация верхнего уровня через выделение фрагментов, имеющих одинаковый набор характеристик. В связи с вышесказанным необходимо определить ограниченный объем данных в рамках которого будет производится такая структуризация. Фиксированное разделение потока может привести к «разламыванию» какого-либо фрагмента на две части, воссоединение которых может быть затруднено. Выходом может являться разделение потока по фрагментам, имеющих минимальное информационное содержание и не рассматриваемых при распознавании. В звуковом потоке фрагменты, относящиеся к «тишине» или паузам между словами, являются кандидатами для того чтобы делить поток на укрупненные части, которые будут подвергаться указанной выше структуризацией. Такое разделение возможно при условии наличия указанных выше фрагментов, их большой доли по отношению к другим фрагментам, имеющих «богатое» информационное содержание, и их межевании с другими фрагментами. Это всё наблюдается на практике и отражается в получаемых данных. Предлагается разделение потока на определяемые в соответствии с выбранной методикой участки переменной длины, незначительно колеблющейся относительно определенного выбранного временного участка, в рамках которого оцифровываются звуковые данные. Такой участок

будем именовать сегментом, разделяемым на фрагменты и структурные единицы: УНИПРИМы и ПРИМИТИВЫ.

Таким образом, такое разделение на сегменты возможно при визуальном анализе осциллограммы и выделением диапазонов отсчетов ручным способом. Но это трудоемко и не всегда может быть произведено точно.

Предлагается последовательность действий, поддерживаемых специализированными процедурами, разработанными в рамках комплекса «Система обеспечения извлечения информационного содержания волн» [3]:

1. Экспериментальным путем определяется временной интервал относительно которого будет фиксироваться сегмент.

2. Буферизуются данные в удвоенном объеме относительно выбранного интервала.

3. Буфер данных подвергается структуризации на основе УНИПРИМов.

4. Полученный массив УНИПРИМов подвергается фрагментации по характеристикам, позволяющим определить фрагменты с информационным содержанием «тишины».

5. Выбирается фрагмент ближайший к центру как относительно первой половинки, так и второй половинки выбранного буфера или же используется фрагмент, накрывающий эту середину.

6. По этому фрагменту разрезается буфер, первая часть становится сегментом и отправляется на дальнейшую обработку по извлечению информационного содержания.

7. Оставшаяся часть дополняется до полного буфера и процесс фрагментации продолжается.

Необходимо предусмотреть в алгоритме возможный вариант заполнения всего буфера фрагментом «тишины». В этом случае можно пропустить данные во фрагменте и выбрать следующие данные.

К настоящему времени решены вопросы структуризации на основе УНИПРИМов [2] и фрагментации по выбранным характеристикам. Ведутся работы по алгоритмизации и программированию сегментации потока звуковых данных.

Заключение

Окончательная реализация позволит эффективно и последовательно вести работы по извлечению информационного содержания звуковых волн и решить задачу фиксации только речевой информации при непрерывающейся записи звукового эфира, например, в самописце самолета.

Список используемых источников:

1. Балакирев, Н. Е. Логико-лингвистический подход при обработке колебательных сигналов (базовая концепция) / Н. Е. Балакирев // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XIV международной научно-методической конференции (Воронеж, 6-8 февраля 2014 г.) — Воронеж, 2014. — С. 331–335.

2. Структуризация и качественное рассмотрение звукового потока в системе синтеза и анализа речи / Н. Е. Балакирев [и др.] // Программные продукты и системы. — 2018. — №4. — С. 768–776.

3. Фадеев М. М., Балакирев Н. Е. Система обеспечения извлечения информационного содержания волн: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023688814 РФ; Зарег. 25.12.2023.

Морфологический анализ несловарных слов в текстах на русском языке в библиотеке JMorfSdk

Рыкунов А.Н.

Научный руководитель — к.т.н. Полицына Е.В.

МАИ, Москва

В современном мире большое количество генерируемой текстовой информации на естественном языке приводит к задаче автоматизации её обработки. Для эффективности использования инструментов, предоставляющих возможности анализа текстов на естественном языке, необходима высокая скорость и точность их работы [1].

Сложность естественного языка привела к разделению процесса его анализа на несколько этапов, одним из которых является морфологический этап. Результатом данного этапа анализа является сопоставленные наборы морфологических характеристик с анализируемыми словами.

Популярные инструменты морфологического анализа используют словарный подход с использованием словаря словоформ. Такой подход позволяет проводить морфологический анализ с большей точностью за счёт хранения словоформ в их полном виде с соответствующими им морфологическими характеристиками, что позволяет избежать некорректного анализа слов исключений.

Результатом того, что естественный язык постоянно развивается и изменяется является появление новых слов, которые могут встречаться при анализе текстов. Для проектов, которые занимаются разработкой морфологических словарей, их поддержка в актуальном состоянии является трудной задачей. По этой причине ещё не добавленные в словарь анализируемые слова не смогут быть разобраны с помощью словарных подходов.

Для возможности морфологического анализа несловарных, т.е. отсутствующих в словаре, слов необходимо, помимо словарного подхода, добавление дополнительного метода, с помощью которого смогут быть проанализированы слова, не найденные в используемом инструментом словаре. Для выполнения такого анализа подходит бессловарный подход, который позволяет на основе известных парадигм определить морфологические характеристики.

Сервис Викисловарь содержит информацию о морфемном составе слов, их постоянных и непостоянных морфологических характеристиках, словоформах, входящих в состав рассматриваемой лексемы. Знание морфемного состава позволяет выделить окончания слов, после чего произвести сопоставление с полученным для каждого случая набором морфологических характеристик. В случае с приставками, появляется возможность создания словаря, в котором будут храниться только существующие в русском языке приставки, а также определяться их влияние на морфологические характеристики слов.

Процесс проведения морфологического анализа в библиотеке JMorfSdk включает в себя как использование словарного подхода, так и бессловарного. Первым шагом идёт попытка поиска анализируемого слова в словаре. При его наличии результирующий набор морфологических характеристик может быть получен из словаря. В другом случае слово уже будет считаться несловарным и для определения его морфологических характеристик используется словарь флексий. Первый этап бессловарного подхода — отсечение приставок и последующий поиск полученных слов в словаре. Если этап отсечения приставок не дал результатов, то происходит определение парадигмы словообразования на основе «окончания» слова и получение соответствующих ей морфологических характеристик. Парадигмы указывают к какой части речи относится анализируемое слово, помимо этого, позволяют определить как постоянные, так и непостоянные морфологические характеристики [2].

Первый этап необходим для избежания некорректного определения морфологических характеристик у слов исключений в случае нахождения их в словаре после отсечения приставки. К тому же анализ по окончанию более сложный процесс и получение результатов на первом этапе позволяет повысить скорость анализа текста.

При анализе несловарного слова также учитывается возможное влияние приставок на морфологические характеристики. Обычно приставка влияет только на значение слова, однако, в случае с глаголом, в русском языке присутствует такое явление как перфективация. Некоторые приставки при вхождении в морфемный состав глаголов способны изменять их вид с несовершенного на совершенный.

Реализация предложенного метода морфологического анализа несловарных слов обеспечивает возможность повышения точности обработки текста на русском языке за счёт возможности анализа большего количества слов даже в новых областях, термины из которых ещё не были полностью добавлены в словари.

Список используемых источников:

1. Politsyna E., Politsyn S., Porechny A. Solving practical tasks of computer linguistics using the created text processing framework [Электронный ресурс]: статья. — Дата обращения: 14.02.2024 — Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1902/1/012129/pdf>

2. Морфемика и словообразование русского языка: учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 44.03.01 Педагогическое образование профиль «Начальное образование» / сост. Хертек Л. К. — Кызыл: Изд-во ТувГУ, 2018. — 131 с.

Event-driven архитектура в системах банковского обслуживания

Рябиков А.Ю., Андреянов Н.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Семенов Г.Е.

МАИ, Москва

В докладе рассматривается переход от монолитной архитектуры к использованию микросервисов в банковских системах, акцентируя внимание на принципах ACID, двухфазном коммите (2PC) и архитектуре SAGA. Начинается изложение с определения монолитной архитектуры, её основных характеристик, преимуществ и недостатков. Далее вводится концепция ACID (Атомарность, Согласованность, Изоляция, Долговечность), подчеркивая её значимость для обеспечения целостности данных в транзакционных системах, таких как банковские приложения. Протокол двухфазного коммита рассматривается как ключевой механизм для достижения транзакционной надежности в распределенных системах, гарантируя атомарность и согласованность операций.

Однако, при масштабировании монолитных приложений и применении принципов ACID в современных высоконагруженных системах возникают значительные ограничения. В этом контексте представляется архитектура SAGA как альтернативный подход к управлению длительными транзакциями в микросервисных архитектурах, обеспечивающий гибкость и масштабируемость без строгого соблюдения ACID.

Пример применения архитектуры SAGA в банковской системе демонстрирует её эффективность в выполнении комплексных финансовых операций, рассматривая вызовы и преимущества данного подхода. Сравнение ACID, 2PC и SAGA позволяет оценить их применимость и эффективность в различных сценариях разработки банковских приложений, подчеркивая важность выбора подходящей архитектуры для транзакционных систем.

Заключительная часть доклада посвящена выводам о значимости архитектурных подходов в банковском секторе и обсуждению перспектив их развития в свете новых технологических трендов и потребностей рынка, подчеркивая необходимость адаптации и инноваций для удовлетворения растущих требований к надежности, безопасности и масштабируемости финансовых систем.

Список используемых источников:

1. Шаблоны проектирования микросервисной архитектуры: [Электронный ресурс]. М., 2024. URL: <https://microservices.io/>

2. Статья о 2PC: [Электронный ресурс]. М., 2024. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Two-phase_commit_protocol.

Разработка программной модели стеганографического преобразования информации

Савосина А.А.

Научный руководитель — к.т.н. Гордеева М.И.

МАИ, Москва

Извечной проблемой, которую люди стараются решить веками, является защита информации. Особенно эта проблема выражена в наш век, когда информация и связи стали самым ценным ресурсом на мировой арене. Для её защиты и хранения люди придумали две науки: криптография и стеганография. Цель криптографии — сокрытие содержимого

сообщения за счет шифрования. Однако зашифрованное сообщение привлекает внимание, поэтому все больше людей используют стеганографию — сокрытие самого факта передачи. Информация, которой кто-то хочется поделиться, скрывается в безобидном объекте, служащим контейнером. Таким образом, можно увидеть картинку, спрятанную в файле.

Программа предназначена для обработки изображений путем преобразования их в аудиоданные с последующим наложением данных шумов на другой аудиофайл. Следующим этапом в данной работе является безопасное снятие шумов, которое не повредит первоначальному файлу. Преобразование этих шумов в первоначальное изображение не должно иметь искажений.

С помощью этого инструмента можно скрыто внедрять секретные сообщения в аудиофайлы, используя изображения как носитель информации. При этом стеганографические данные, перекодированные в звуковой формат, остаются незаметными для обычного слушателя, что делает этот метод передачи информации эффективным и надежным. получатель данного аудио сообщения с легкостью сможет преобразовать его в первоначальное изображение. Таким образом, данная программа объединяет функциональность стеганографии и синтеза звука, позволяя создавать скрытые аудиосообщения с использованием визуальных данных.

Список используемых источников:

1. В.В. Гребников СТЕГАНОГРАФИЯ. ИСТОРИЯ ТАЙНОПИСИ;
2. А.К. Колобова, Д.Г. Колобов, А.С. Герасимов СТЕГАНОГРАФИЯ ОТ ДРЕВНОСТИ ДО НАШИХ ДНЕЙ;

Разработка программного обеспечения поддержки процессов закупок и учёта хранения товаров на складе

Семакин Д.В.

Научный руководитель — Коновалов К.А.

МАИ, Москва

Разработка программного обеспечения поддержки процессов закупок и учёта хранения товаров на складе является ключевым аспектом эффективного управления запасами и оперативного обеспечения бизнес-процессов в сфере торговли и производства.

Основной целью данного проекта является создание комплексной системы, которая позволит автоматизировать и оптимизировать процессы закупок и учета товаров на складе. Данная система должна обеспечивать управление заказами, отслеживание поставок, контроль за остатками товаров, а также учет перемещений товаров по складу.

Важным компонентом разрабатываемого программного обеспечения является функционал аналитики, позволяющий проводить анализ эффективности закупок, оптимизировать уровень запасов, и выявлять потенциальные риски дефицита или излишков товаров.

Система также должна обеспечивать возможность интеграции с другими информационными системами различных предприятий, такими как системы управления ресурсами предприятия (ERP), системы управления отношениями с клиентами (CRM) и системы учета финансов.

В контексте разработки программного обеспечения необходимо уделить внимание вопросам эргономики и разработке удобного и интуитивно понятного интерфейса пользователя, который позволит пользователям быстро и эффективно выполнять необходимые операции по управлению закупками и складскими процессами.

Помимо этого, важно обеспечить безопасность хранимых данных, в том числе конфиденциальной информации о поставщиках, ценах на товары, а также информации о внутренних операциях предприятия. С целью увеличения требуемых ресурсов злоумышленнику для получения хранимых данных. Для этих целей используется комплексный подход: хеширование, шифрование, использование хранимых процедур. Это нужно для минимизации воздействий SQL-инъекций и перехвата данных.

В процессе разработки необходимо учитывать потребности различных пользователей системы, включая менеджеров по закупкам, логистов, складских работников, а также

финансовых аналитиков, и предусмотреть соответствующий функционал и интерфейсы для каждой категории пользователей. С учетом чего производится соответствующий выбор стека используемых технологий с целью достижения более быстрой разработки с высоким уровнем качества.

Получается, что успешная разработка программного обеспечения поддержки процессов закупок и учета хранения товаров на складе требует комплексного подхода, учитывающего потребности бизнеса, технические особенности современных предприятий и текущие стандарты информационной безопасности и управления.

Главная цель состоит в том, чтобы создать интегрированную систему, способную автоматизировать и оптимизировать основные процессы управления запасами и складским хозяйством.

Разработка данного программного обеспечения позволит автоматизировать рутинные задачи, связанные с закупками, приемкой, отгрузкой и учетом товаров на складе. Это должно сократить временные затраты и минимизировать вероятность ошибок, возникающих при ручном вводе.

Одной из основных задач разработки новой системы является улучшение обслуживания клиентов. Благодаря более оперативному выполнению заказов и повышенной доступности товаров на складе, компания может обеспечить более высокий уровень обслуживания, что способствует повышению удовлетворенности клиентов и укреплению их лояльности.

Кроме того, новая система учета и отчетности должна повысить прозрачность и контроль за движением товаров на складе, что уменьшит риски потерь и краж. Это в свою очередь способствует более эффективному управлению ресурсами и снижению финансовых потерь.

В целом, успешная реализация программного обеспечения для управления запасами и складскими процессами приведёт к значительному повышению операционной эффективности предприятия, улучшению уровня обслуживания клиентов и укреплению ее конкурентоспособности на рынке.

Список используемых источников:

1. Крейг Уоллс Spring in Action. — 2005 г. ISBN 9781617294945 — 520 с.
2. Гари Грегори, Гэвин Кинг, Кристиан Бауэр Java Persistence with Hibernate. — 2006 г. ISBN 9781932394887
3. Джошуа Блох Java. Эффективное программирование. — 2001 г. ISBN: 9785604139448 — 464 с.

Программный модуль параметрического моделирования авторской мебели с использованием API Компас-3D

Семин А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бутко А.О.

МАИ, Москва

Не редко появляется необходимость даже в авторской мебели повторять заказ для другого заказчика или вносить правки в старые проекты, выполненные старшим коллегой. Из-за вышеперечисленных аспектов процесс работы над моделями растягивается по времени дольше чем этого хотелось бы.

Метод внутренней параметризации хорошо работает с уже созданной 3D моделью или сборкой, что позволяет не делать их кодом с нуля. Для изменения деталей или сопряжений необходимо правильно обратиться к нужному параметру и присвоить ему новое значение.

Одним из главных достоинств данного метода является простота в использовании. Так, при правильном оформлении названий становится возможным быстро обнаружить ошибку в параметрах сборки и коде, так как все значения могут быть найдены во вкладке соответствующей детали. Кроме того, разработчику нужно лишь изменять заданные значения, а не выполнять команды отрисовки эскиза для построения деталей. Возможность использования метода без необходимости глубоких знаний API облегчает его применение, но

при этом во время моделирования нужно создавать привязки переменных к размерам, чтобы была возможность для обращения к ним с помощью кода.

Для удобного добавления или удаления полок в шкафу нужно понимать на каком расстоянии от крыши они создаются, какую имеют толщину и глубину. Так было принято решение проставлять линейные размеры на 3D модели сборки при создании новой полки и их удаление.

Добавлена возможность создавать спецификацию каждой сборки с возможностью вывода параметризованных габаритов деталей и указания материала всей сборки.

Создание спецификации начинается по нажатию на соответствующую кнопку в интерфейсе формы, а запись материала через textbox.

Для демонстрации параметризации создан модуль на языке программирования C# с использованием API КОМПАС-3D. Для построения моделей использовалась версия КОМПАС V21.

Список используемых источников:

1. Форум пользователей ПО АСКОН / [Электронный ресурс] // КОМПАС-3D : сайт. Москва, 2010-2023. — URL: <https://forum.ascon.ru/index.php> (дата обращения: 14.09.2023);
2. Сергей Алмазов: [канал пользователя] // Youtube: [видеохостинг]. — URL: <https://www.youtube.com/@user-dz3mc2xl4b/videos> (дата обращения: 20.09.2023);
3. Ганин, Н.Б. Трёхмерное проектирование в КОМПАС-3D: Проектирование/ Ганин Н.Б. — Москва: ДМК-Пресс, 2012. — 784 с.
4. Большаков, В. КОМПАС-3D для студентов и школьников: учеб. пособие/ Большаков В. — Санкт- Петербург: БХВ-Петербург, 2010. — 304 с.

Разработка алгоритма валидации терминов и сокращений в тексте

Сергеев А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Полицын С.А.

МАИ, Москва

При создании научно-технической документации, авторам приходится уделять значительное время корректному оформлению документов в соответствии с требованиями. Требования к оформлению документа могут быть продиктованы государственными стандартами либо правилами конкретного стиля, однако при подготовке документов авторам так или иначе придётся столкнуться со списком терминов и сокращений, используемых в тексте. Ввиду большого объёма некоторых документов, а также потребности в их постоянном обновлении, составление корректного списка терминов и сокращений становится трудоёмкой задачей, автоматизация решения которой могла бы серьёзно облегчить процесс подготовки документации.

Для полной валидации корректности оформления списка терминов и сокращений, необходимо проверять исходных документ по двум правилам: все термины и сокращения их списка должны быть использованы в тексте, все использованные в тексте термины и сокращения должны быть отражены в списке.

Необходимо найти в тексте документа все сокращения и создать их список, а затем сравнить его со списком терминов и сокращений из соответствующего раздела документа. Сокращения в тексте могут иметь различные формы и окончания, а также что одно и то же сокращение может быть использовано несколько раз в различных формах. Для учёта этих факторов при разработке алгоритма валидации аббревиатур была использована библиотека JMorfsdk, предоставляющая инструментарий работы с различными формами слова. Также аббревиатуры могут состоять как из строчных букв, так и из прописных. В том случае, если сокращение состоит только из прописных букв (например, комсомол), отличить его от прочих слов в тексте возможно лишь с применением словарей [1].

Для оптимизации работы алгоритма валидации, необходимо исключить из обработки те разделы документа, поиск сокращений в которых смысла не имеет (список использованных источников, сам список терминов и сокращений).

В результате работы алгоритма валидации пользователю выводится отчёт, содержащий информацию о том, какие аббревиатуры из текста не фигурируют в списке и наоборот.

Таким образом, был разработан алгоритм валидации списка терминов и сокращений для дальнейшего внедрения в информационную систему TechDoc [2], предназначенную для валидации научно-технической документации.

Список используемых источников:

1. Балакирев Н. Е. Подход к созданию комплекса инструментов автоматизированного анализа текстов на русском языке/ Н.Е. Балакирев, Е.В. Полищина. Текст: непосредственный // Вестник Воронежского Государственного Университета. — 2016. — №2. — с. 98–105.
2. Андрюкеева А. А. Разработка алгоритма анализа технической документации: Материалы XXII Международной научно-методической конференции. Информатика: проблемы, методы, технологии — с. 1102 — сайт. URL: https://www.cs.vsu.ru/ipmtconf/conf/2021/Proceeding_IPMT_2022.pdf (дата обращения : 29.11.2023). — Текст: электронный.

Разработка информационной системы подбора насосного оборудования

Смехов Г.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Маркарян А.О.

МАИ, Москва

Насосное оборудование широко используется в промышленности, в том числе на предприятиях, относящихся к аэрокосмической отрасли. Насосы используются в таких технических системах, как топливные системы, канализационные насосные станции, нефтедобывающие установки, скважины.

Важным аспектом выбора насосного оборудования является рациональность, заключающаяся в соответствии техническим требованиям, определяемым целями использования данного оборудования, при минимальных затратах. К таким требованиям относятся надежность и безопасность при минимальных габаритах и массе, а также обеспечение высокой энергетической эффективности насосных систем.

На предприятиях аэрокосмической отрасли подбор насосного оборудования по заданным характеристикам осуществляется, как правило, вручную. В связи этим актуальна разработка информационной системы, позволяющей автоматизировать процесс подбора насосного оборудования с учетом запроса пользователя и специфики области применения.

Целью настоящей работы является создание такой информационной системы.

Для достижения цели проведен анализ типов насосного оборудования, определены наиболее значимые характеристики, послужившие основой для построения математической модели, разработано математическое и программное обеспечение информационной системы.

Выбор насосного оборудования определяется расходом жидкости (Q) и напором (H), а также типом насоса [1]. На практике этот процесс обусловлен необходимостью анализа множества данных из разных источников и построения графиков для определения оптимальных характеристик каждого насоса с целью обеспечения максимального КПД.

Для автоматизации данного процесса разработана математическая модель, позволяющая определять интервалы напора и расхода жидкости, внутри которых находится точка с наибольшим КПД. Коэффициенты уравнений модели определяются методом наименьших квадратов [2].

Разработка математической модели позволила определить структуру базы данных, создать алгоритмы и программное обеспечение информационной системы, реализованное в виде клиент-серверной архитектуры на языке Python [3, 4].

Внедрение предложенной системы позволяет эффективно подбирать насосное оборудование, сокращая время и упрощая процесс принятия решений.

Список используемых источников:

1. Моргунов К. П. Гидравлика. URL: https://techlibrary.ru/b1/2ulplrlldlulolplc_2s.2x._2kljlelrlalc1mljl1la_.2014.pdf (дата обращения: 25.01.2024).
2. Маркарян А. О. Моделирование детерминированных систем: курс лекций. — Москва: Издательский Дом НИТУ МИСИС, 2023. — 62 с.
3. Документация Python: официальный сайт. URL: <https://docs.python.org/3/index.html> (дата обращения: 25.01.2024). — Текст: электронный.
4. ГОСТ 19.102-77 ЕСПД. Стадии разработки. Дата введения 01.01.1980

Методы распределения ресурсов в бессерверных вычислениях

Смирнов М.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

В современном мире умение программировать становится всё более ценным независимо от специальности. Чтобы специалист смог использовать свои знания и сконцентрироваться на написании алгоритма программы, вычислительные системы стремятся к отделению логики от инфраструктуры. В последнее время стали развиваться бессерверные вычисления. Разработчик пишет функции и настраивает триггеры их запуска. Функции не должны зависеть от состояния системы (локальных файлов), а только от входных параметров. Всю задачу масштабирования берет на себя платформа.

Задача распределения ресурсов решалась множество раз на уровнях приложения, ОС, кластеров. Под ресурсами обычно подразумевается процессорное время, оперативная память, место на диске, сетевой трафик. Цель состоит в том, чтобы минимизировать общее время выполнения, удовлетворяя условиям эффективности (использовать все ресурсы) и справедливости (равномерное распределение по пользователям). В случае бессерверных аналитических вычислений задача осложняется высокой степенью неопределенности. Не известно ни время выполнения программ, ни время запуска пользователем.

Рассмотрим, как данная задача решается в существующих системах. В Kubeless (бессерверном решении для Kubernetes) функции оборачиваются в контейнеры, для запущенных контейнеров вычисляются метрики (объем используемых ресурсов), при превышении метрики порога создаются дополнительные контейнеры [1].

Другой метод используют некоторые облачные сервисы (AWS Lambda, Microsoft Azure Functions) [2]. Получая новый запрос сервис ищет инициализированные функции и запускает их. Если таких нет, подготавливается новая функция. Преимущество в скорости масштабирования, но это же и недостаток. Во время анализа больших данных будет создано много запросов одновременно и на каждый из них инициализируется функция, пока количество активных функций не достигнут лимита. Это позволит достигнуть наименьшего времени работы и максимального параллелизма. Проблема в том, что слишком много ресурсов может быть потрачено в пустую на инициализацию.

При планировании нужно найти баланс учитывая 2 величины: время инициализации и время выполнения функции. Время выполнения некоторых функций может существенно зависеть от значений параметров, поэтому для более точной оценки предлагается использовать историю запусков. В случае подключения нового пользователя, ресурсы будут перераспределяться динамически. Система закрывает часть функций старых пользователей (дождавшись выполнения очередной итерации) и создаст новые. Перераспределение не будет слишком долгим, так как предполагается, что функции выполняются быстро. Например, облака ограничивают длительность работы функции несколькими минутами.

Поскольку большая часть данных в функции передаются и записываются в СУБД, то её следует контролировать. Но одна из популярных СУБД (PostgreSQL) практически не имеет механизмов для ограничения количества ресурсов пользователей. Имеется механика контроля прав доступа на чтение и запись на уровнях: базы, схемы, таблицы и столбца. Предлагается после выполнения функции проверять суммарный объем таблиц пользователя и в случае превышения лимита останавливать выполнение всех функций и запрещать запись в базу.

Одним из недостатков бессерверных вычислений называют низкую производительность холодный старт, который ведет к большим задержкам. В работе показано, что для аналитических расчетов накладные расходы приемлемые. Также разработан компонент, реализующий описанные выше механизмы планирования.

Список используемых источников:

1. Horizontal Pod Autoscaling // Kubernetes URL: <https://kubernetes.io/docs/tasks/run-application/horizontal-pod-autoscale/> (дата обращения: 23.02.2024).
2. Lambda function scaling // AWS URL: <https://docs.aws.amazon.com/lambda/latest/dg/lambda-concurrency.html> (дата обращения: 23.02.2024).

Особенности разработки элементов программно-аппаратного комплекса, предназначенного для проведения испытаний бортового антенно-фидерного устройства высокоскоростной радиолинии

Страхов Р.Д., Черникова О.А.

Научный руководитель — к.т.н. Цырков Г.А.

МАИ, Москва

В рамках проекта по разработке высокоскоростной радиолинии существует ряд подпроектов, одним из которых является создание бортового антенно-фидерного устройства (АФУ). Для проведения испытаний данного устройства разрабатывается специализированный программно-аппаратный комплекс.

Основными компонентами комплекса являются: блок управления (БУ), программное обеспечение (ПО) оператора и тестируемое антенно-фидерное устройство.

Блок управления состоит из различных аппаратных компонентов и управляющего ПО. Основными функциями БУ являются сбор показаний датчиков и управление системой приводов АФУ.

ПО оператора осуществляет передачу различных команд блоку управления, а также отвечает за визуализацию телеметрии.

Обмен информационными сообщениями между ПО оператора и блоком управления осуществляется асинхронно методом двусторонней поочередной передачи по принципу «команда-ответ».

Спроектировано ПО оператора с логическим разделением графического интерфейса пользователя и основной функциональности приложения. Данный подход позволяет снизить связанность компонентов, что повышает гибкость программного решения.

Основными компонентами, входящими в состав программного обеспечения оператора, являются:

- VoltageController — данный компонент отслеживает значения напряжений двигателей и датчиков и в случае отклонения от заданных пользователем показателей отправляет корректирующие команды;
- UartController — компонент, отвечающий за отправку и приём информационных сообщений от блока управления;
- DriveTester — компонент, облегчающий процесс проведения испытаний АФУ за счёт отправки ряда управляющих команд согласно выбранному сценарию;
- View — компонент, содержащий имплементацию элементов графического интерфейса пользователя;
- AntennaViewingSystem — компонент, предназначенный для визуализации текущей ориентации АФУ в пространстве;
- LoggingSystem — легковесная реализация системы журналирования;
- Core — является связующим звеном для всех компонентов в системе.

Для разработки программного обеспечения оператора используются язык программирования C++ 17-й версии стандарта и фреймворк Qt. Большая часть графического интерфейса пользователя написана на QML (Qt Meta-Object Language). Для реализации компонента, отвечающего за отображение текущей ориентации АФУ в пространстве, применяется OpenGL.

В данный момент ведутся работы по внедрению машины состояний Qt в компонент DriveTester. Это позволит добавлять дополнительные сценарии тестирования системы приводов АФУ без значительного усложнения кодовой базы.

Список используемых источников:

1. Blog — Qt QML Development [Электронный ресурс]. URL: <https://scythe-studio.com/en/blog/qt-qml-development> (дата обращения: 01.02.2024)
2. C++ Core Guidelines [Электронный ресурс]. URL: <https://cpp-core-guidelines-docs.vercel.app/> (дата обращения: 24.01.2024)
3. Qt QML [Электронный ресурс]. URL: <https://felgo.com/doc/qt/qtqml-index/> (дата обращения: 03.02.2024)

Разработка компонентов файлового менеджера интернет-сервиса для развития детского творчества

Суханова Д.М., Брилева Е.Г., Овчаров И.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

Проект «Разработка компонентов файлового менеджера интернет-сервиса для развития детского творчества» представляет собой инновационную платформу, направленную на стимулирование творческого потенциала детей через использование современных веб-технологий. Основной целью проекта является создание веб-приложения, которое позволит детям проявить свою фантазию, развить навыки графического и анимационного дизайна, а также создавать собственные истории и книги.

Целью файлового менеджера является обеспечение удобства и эффективности работы с различным мультимедийным контентом, включая изображения и анимации. В рамках проекта предусмотрены три основных компонента: графический редактор, анимационный редактор и редактор книги, которые объединены в единую платформу для удобства использования.

Графический редактор предоставляет детям возможность создавать и редактировать изображения, применяя различные инструменты рисования. Он способствует развитию художественных навыков, воображения и творческого мышления у молодых пользователей.

Анимационный редактор позволяет детям создавать простые анимации, добавляя кадры и перемещая объекты. Этот компонент позволяет детям воплощать свои идеи в движение, экспериментировать с анимацией.

Редактор книг предоставляет возможность создавать истории. Дети могут добавлять текст, изображения и анимации, чтобы создать свои собственные произведения.

Кроме того, в рамках проекта предусмотрено облачное хранилище для каждого пользователя, где сохраняются все созданные им файлы. Это обеспечивает доступность и сохранность контента.

Технологический стек проекта включает в себя JavaScript для разработки клиентской и серверной частей, Node.js для построения серверной части приложения, MongoDB для хранения данных и Express.js для создания API и маршрутизации на сервере. В качестве фронтенд-фреймворка используется React.js, который обеспечивает удобное и эффективное создание интерфейса веб-приложения.

В результате проект "Разработка компонентов файлового менеджера интернет-сервиса для развития детского творчества" представляет собой мощный инструмент для развития творческих способностей детей, позволяя им не только выражать свои идеи и фантазии, но и делиться ими с другими пользователями по всему миру. Это воплощение современных технологий в поддержку детского творчества и образования.

Потенциал данного сервиса заключается в широких перспективах в развитии и обучении. Этот проект не только стимулирует творческое мышление детей, но и развивает их цифровые навыки, необходимые в современном мире.

Список используемых источников:

1. Документация Node.js [Электронный ресурс]. URL: <https://nodejs.org/api/all.html> (дата обращения: 28.02.2024).
2. Изучение веб-разработки | MDN | [Электронный ресурс]. URL: <https://developer.mozilla.org/ru/> (дата обращения: 28.02.2024).
3. Документация React [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.react.js.org/docs/getting-started.html> (дата обращения: 28.02.2024).
4. М. Кантелон, М. Хартер, Т. Головайчук, Н. Райлих — Node.js в действии. — СПб.: Питер, 2014

Методы и инструменты оптимизации производительности в языке программирования Go

Сысоев С.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

В работе рассматриваются важные аспекты улучшения эффективности в Go. Исследование охватывает несколько основных компонентов, включая процессы профилирования и анализа кода, управление горутинами и оптимизацию использования памяти.

Профилирование и анализ кода в Go представляют собой ключевые методы оптимизации производительности и обеспечения качественного программного кода. Инструменты, такие как `pprof`, позволяют измерять время выполнения и использование памяти, выявляя узкие места для последующей оптимизации. Анализ кода с использованием `go vet` и `golint` направлен на выявление потенциальных проблем и поддержание стандартов оформления. Результаты профилирования и анализа используются для оптимизации кода, рефакторинга, улучшения читаемости и устранения возможных ошибок, обеспечивая эффективное и управляемое программное обеспечение.

Эффективное управление горутинами в языке программирования Go является ключевым элементом обеспечения высокой производительности приложений. Горутины, как легковесные потоки, предоставляют мощный механизм для параллельного выполнения задач, таких как обработка запросов и асинхронные операции ввода-вывода. Их создание стоит намного меньше, чем традиционных потоков, и они эффективно управляются средой выполнения Go. Важным инструментом в работе с горутинами являются каналы, обеспечивающие безопасное взаимодействие между горутинами и предотвращая гонки данных. Этот механизм способствует эффективному распределению задач и поддерживает безопасность доступа к общим ресурсам. Оптимизация конкурентных паттернов, таких как пул рабочих горутин, позволяет балансировать нагрузку и предотвращать избыточное создание горутин. Это особенно важно при работе с большими объемами данных и параллельной обработкой. Управление временем выполнения горутин осуществляется через использование контекстов и функций с таймаутами, что позволяет эффективно предотвращать блокировки и обеспечивать гибкость в управлении операциями. Мониторинг и профилирование горутин с применением инструментов, таких как `pprof`, обеспечивают визуализацию выполнения горутин, выявление узких мест и возможность оптимизации производительности в реальном времени. Все эти аспекты в совокупности способствуют разработке высокопроизводительных и масштабируемых приложений на платформе Go.

Каждый из этих компонентов анализируется в свете общей стратегии оптимизации производительности на платформе Go, предоставляя разработчикам глубокое понимание технологий и методов для повышения эффективности разработки приложений на данном языке программирования.

Список используемых источников:

1. Квинлан, П., Каплан-Мосс, Дж. Программирование на Go с высокой производительностью. // Packt, 2018.
2. Хо, С., Ауслендер, Дж. Профилирование и оптимизация программ на Go. // ACM Digital Library, 2013.
3. Конда, С., Гринберг, А. Бенчмаркинг и профилирование программ на Go. // USENIX Annual Technical Conference, 2016.
4. Жа, И., Танг, С. Исследование производительности программ на Go. // IEEE International Symposium on Performance Analysis of Systems and Software, 2016.

Модель системы поддержки написания учебных работ

Табалов Н.С.

Научный руководитель — Коновалов К.А.

МАИ, Москва

В учебных заведениях, таких как вузы, студенты сталкиваются со множеством документов, которые необходимо готовить в процессе учебы, каждый из них определяется требованиями нормативных документов самого вуза и не описывается шаблонами существующих системы электронного документооборота (СЭД). К ним относятся: дипломы бакалавров и магистров, научно-исследовательские работы, курсовые работы, требования к подготовке статей и докладов на конференциях, лабораторные работы, а также рефераты.

Поэтому является актуальной разработка системы поддержки по написанию студенческих (учебных) документов, представляющей собой механизм, реализующий инструментарий для экономии временных ресурсов. Систему поддержки предлагается разработать в виде расширяемого веб-ресурса, основные цели которого на первом этапе заключаются в облегчении оформления разного рода письменных документов.

Для достижения цели по реализации указанной модели системы поддержки необходимо:

- Провести анализ актуальности, путем социологического исследования среди студентов на предмет необходимости в такого рода технологий.

- Провести анализ существующих технологий по упрощению студенческого документооборота.

- Разработать и согласовать с организационными структурами Московского Авиационного Института требования по оформлению студенческих документов.

- Разработать веб-ресурс, интерфейс которого удовлетворяет всем вышеописанным требованиям (подготовка документов в ускоренном виде).

- Заложить архитектурную возможность по функциям создания и редактирования с дальнейшим выбором шаблонов (под шаблонами в работе понимается схема верстки документа, где указаны требуемые параметры (например: размер шрифта, размер отступов, междустрочные интервалы)). Шаблоны определяются предметной областью, на которую ориентирован документооборот: курсовые работы, дипломы магистров и бакалавров, рефераты, а также иные, описанные ранее документы. Как было указано выше, для всех этих документов есть свои требования, определенные учреждением или подразделением (институтом, факультетом, кафедрой). Шаблоны необходимы для возможности быстро составить документ, обладающий определенными требованиями к оформлению, такими как ГОСТ`ы.

Предполагаемый сценарий взаимодействия студента с системой поддержки при необходимости оформить лабораторную работу следующий:

1. заходит на данный веб-ресурс,
2. выбирает шаблон, в котором ему нужно оформить работу,
3. корректно заполняет требуемые поля готовым текстом работы,
4. после чего веб-сервис позволяет загрузить готовый файл, в необходимом пользователю формате.

При необходимости оформления иных, в частности более объемных типов документов с более сложным содержанием, такими как статьи в научные журналы, курсовые или выпускные квалификационные работы сценарий взаимодействия будет допускать задействование дополнительных операций. Как один из планируемых путей дальнейшего развития системы поддержки — добавление функционала вызова внешних используемых повсеместно сервисов проверки оригинальности документов.

Кроме того, для дальнейшего расширения вариантов взаимодействия, в архитектуру системы поддержки закладывается возможность охвата наибольшего количества устройств, для возможности использования в классическом варианте взаимодействия (стационарный компьютер, ноутбук), а также на мобильных устройствах (планшет, смартфон).

В результате предлагается получить программную реализацию рассматриваемого механизма в виде готового к использованию веб-ресурса, ускоряющего и облегчающего

процесс подготовки, оформления, а в дальнейшем и проверки, создаваемых документов и материалов.

Система поддержки написания учебных работ является актуальным и перспективным проектом. Система поддержки может быть использована не только студентами, но и преподавателями, научными сотрудниками и другими заинтересованными лицами. Система поддержки также имеет потенциал для дальнейшего развития и улучшения, путем добавления новых функций, интеграции с другими сервисами, усовершенствования алгоритмов и интерфейса.

Список используемых источников:

1. Most used web frameworks among developers worldwide, as of 2023 / [Электронный ресурс] // Statista : [сайт]. — URL: <https://www.statista.com/statistics/1124699/worldwide-developer-survey-most-used-frameworks-web/> (дата обращения: 14.12.2023).
2. СУБД Postgres Pro / [Электронный ресурс] // reestr.digital.gov : [сайт]. — URL: <https://reestr.digital.gov.ru/reestr/301574/> (дата обращения: 14.12.2023).
3. Documentation | NestJS — A progressive Node.js framework / [Электронный ресурс] // nestjs : [сайт]. — URL: <https://docs.nestjs.com> (дата обращения: 15.12.2023).
4. React The library for web and native user interfaces / [Электронный ресурс] // react : [сайт]. — URL: <https://react.dev/> (дата обращения: 15.12.2023).

Разработка Telegram-бота, отслеживающего информацию о доменах с помощью Whois

Тегаев А.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

В настоящей работе рассматривается разработка Telegram-бота для отслеживания информации о доменных именах с использованием сервиса Whois. Основной целью исследования является создание удобного и эффективного инструмента, позволяющего пользователям мониторить изменения в регистрационных данных доменов непосредственно через мессенджер Telegram.

В рамках исследования были реализованы следующие основные этапы:

1. Анализ потребностей и требований: Изучение текущих методов отслеживания доменов и выявление основных требований к функциональности бота.
2. Проектирование и разработка: Создание архитектуры бота и реализация его функциональности, включая интеграцию с API сервиса Whois для получения актуальных данных о доменах.
3. Тестирование и оптимизация: Проверка работоспособности бота на различных сценариях использования, а также оптимизация производительности и пользовательского опыта.

Основные результаты исследования включают:

- 1) Разработанный Telegram-бот, способный предоставлять пользователям актуальную информацию о доменных именах через сервис Whois.
- 2) Возможность оперативно получать информацию о состоянии регистрационных данных доменов прямо в мессенджере.

Результаты данного исследования могут быть полезны для специалистов в области информационной безопасности, владельцев веб-ресурсов и всех, кто заинтересован в мониторинге состояния доменов.

Кроме того, существует потенциал для улучшения пользовательского интерфейса бота и настройки уведомлений. Интерфейс может быть дополнен более дружелюбными и интуитивно понятными элементами, такими как кнопки и меню, что упростит взаимодействие с ботом. Кроме того, предоставление возможности настройки уведомлений в соответствии с предпочтениями пользователя, включая выбор типа уведомлений, времени доставки и частоты получения, значительно повысит удобство и эффективность использования бота.

Фрагментация потока данных на основе количественных и качественных признаков и характеристик

Умрюхин Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Балакирев Н.Е.

МАИ, Москва

При анализе и синтезе данных о волновых явлениях с необходимостью возникает потребность упорядочения и систематизации рассматриваемого материала. На нижнем уровне рассмотрения данных при качественном подходе применяется базирующаяся на системе отношений структуризация, обобщающая отдельно взятое значение нескольких характерных точек в определенную объективно отражающую структуру конфигурации форм. При этом эта структура имеет количественный набор характеристик, так и качественный набор характеристик, отражающих в значениях и знаках особенности моделируемой конфигурации. В нашем случае в рамках трех характерных точек мы объединяет лишь три характерных точки, и они могут характеризоваться с качественной стороны одной из 13 структур, а с количественной, например, максимальным и минимальным значением, количеством отсчетов слева и справа относительно центральной точки. При переходе к структуре УНИПРИМ, объединяющей уже от 6 до 10 характерных точек мы имеем при качественном подходе внешнюю характеристику структуры в терминах ПРИМИТИВа сверху и снизу в комбинации 169 вариантов-обличий и внутреннюю характеристику, именуемую как вид, по характеру направления разворачивания значений сигнала вверх, прямо или вниз. Таких возможностей не более 41. Структуру УНИПРИМа можно согласно полученной формуле оценить и одним из знаков из серии вариантов. Но с практической точки зрения первый вариант предпочтителен и совокупность обличия и вида соответствует одному из вариантов знака. Но не все знаки соответствуют связке (обличие, вид), так как отсутствуют структуры, выходящие за рамки трех максимумов сверху и три снизу. Поэтому такая структура не реализуема при таких условиях.

Необходимо отметить следующую особенность изменения взгляда на одни и те же количественные значения: вначале, это некоторые количественные данные или просто данные, для которых содержание и смысл нами пока не определен. Далее по мере углубления в содержание данных мы будем употреблять термин «информационное содержание данных» или просто «информационное содержание», например, звукового потока, когда известен источник полученных данных. Как для просто данных, так и для отражения их содержания будут применяться структуры данных, которые обеспечивают фиксацию и классификации данных по количественным и качественным признакам и (или) характеристикам.

При обработке потока данных в виде значений амплитуд в случае колебания этих значений в некотором диапазоне (не стационарный процесс), чаще всего, приходится сталкиваться с неоднородностью информационного содержания, отражающего объективную изменчивость состояния окружающего Мира во временных рамках. Эта неоднородность может быть выявлена с количественных и качественных позиций.

Прежде всего, необходимо зафиксировать такую неоднородность фрагментарно, т.е. выделяя ту часть потока данных, для которого наблюдается одна и та же обобщенная картина, характеризующая одно и то же обобщенное содержание в терминах количественных и качественных характеристик. Наблюдая на осциллограмме участок «тишины», можно отметить весьма ограниченный разброс между максимальным и минимальными значениями. В этом случае это будет количественная характеристика. Но кроме этого стоит отметить и характерную конфигурацию (структура — это инструмент вскрытия видимой конфигурации) в виде плиточек разной длины, на которых наблюдается неизменность количественного значения амплитуды — это будет в данном случае качественная характеристика.

Разбиение потока в соответствии с первой характеристикой (количественной) на такие участки будем называть фрагментацией потока данных по количественному признаку. Длина таких участков не определена заранее, но на первом этапе будем описывать и характеризовать фиксированные участки, связанные со структурой УНИПРИМа и требующие

(охватывающие) в структуре данных S-файла 16 байт. На этом фиксированном участке данных анализируются два локальных минимума и два максимума, а также количество отсчетов между ними, но с увязыванием при рассмотрении количественных характеристик с последующим минимумом и максимумом. Это соответствует выбранной структуре УНИПРИМА.

Далее фиксированные участки объединяются во фрагменты, характеризующиеся одними и теми же количественными характеристиками разброса минимальных и максимальных значений амплитуд. В этом случае поток представляется в виде фрагментарной структуры. Предусмотрена в представляемой структуре данных также и качественная окраска фрагментов, в которой будет отражаться характерность форм этих участков. Эта возможность основывается на наличии средств формализации в виде первичного паттерна, именуемого как УНИПРИМ. В данном описании акцент сделан на количественные характеристики и их представление, интерпретацию в структуре фрагментарных данных в первую очередь

Список используемых источников:

1. Балакирев, Н.Е. Качественная оценка и мера при распознавании информационного содержания волн / Н. Е. Балакирев // Материалы XIX Международной научно-методической конф. «Информатика: проблемы, методология, технологии» (Воронеж, 14-15 февраля 2019 г.). — Воронеж, 2019. — С. 1435–1440.
2. Балакирев Н.Е., Евсеева М.В., Нгуен Хоанг Зуй, Фадеев М.М. Новые подходы в создании инструментария для исследований информационного содержания волн / Н.Е. Балакирев, М. В. Евсеева, Нгуен Хоанг Зуй, М. М. Фадеев // Интеллектуальный анализ сигналов, данных и знаний: методы и средства: Сборник статей II Всероссийской научнопрактической конференции с международным участием им. В.В. Губарева (Новосибирск, 11- 13 декабря 2018 г.). — Новосибирск, 2018. — С. 22–28.
3. Соколова А.К. Вопросы получения спектра звука на основе структуры УНИПРИМ / А.К. Соколова // МАИ Г12 «Гагаринские чтения — 2022»: Сборник тезисов докладов. — Москва, 2022. — 281–282 с.

Принципы разработки семантического анализатора естественно-языковых описаний знаний

Урубков В.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Фомичев В.А.
МАИ, Москва

Для расширения возможностей компьютерных интеллектуальных агентов (КИА) помогать человеку в решении разнообразных профессиональных задач в последние два десятилетия в исследовательских центрах нескольких стран разрабатываются компьютерные интеллектуальные системы, преобразующие структурно достаточно простые предложения на естественном языке (ЕЯ), описывающие знания о предметных областях, в наборы записей на языке проектирования онтологий OWL (Ontology Web Language). Ключевую роль в массивах знаний играют определения понятий. Судя по доступной литературе, проблема разработки семантических анализаторов определений понятий является весьма актуальной.

Данное исследование посвящено разработке нового подхода к проектированию семантических анализаторов естественно-языковых описаний понятий вместе с прилегающими к ним справа описаниями знаний. Первой отличительной чертой предложенного подхода является разработка двухэтапной схемы преобразования фрагмента знаний в набор записей на языке OWL. Методологической основой реализации первого этапа является теория К-представлений (концептуальных представлений). На этом этапе ЕЯ-описание фрагмента знаний преобразуется в выражение СК-языка. Определение класса СК-языков (стандартных концептуальных языков) дается теорией К-представлений (ТКП) (Fomichov 2010). Первый этап преобразования реализован расширением алгоритма AlgSemDef1 (Fomichov 2022). Расширенный алгоритм позволяет строить К-представления входных ЕЯ-описаний знаний, содержащих однородные члены, частицу «не», а также знаний,

заклученных не только в определении, но и в последующих фразах, что является второй отличительной особенностью подхода. Новый алгоритм позволяет обработать подобные следующим входные тексты:

- Хроматография — метод разделения и анализа смесей веществ, а также изучения физико-химических свойств веществ, основанный на распределении веществ между двумя фазами — неподвижной и подвижной.

- Крокодил — это животное из отряда водных пресмыкающихся. Крокодилы живут в реках, озерах и болотах. Географическая зона — тропики. Длина до 7 м.

Третьей отличительной особенностью предложенного подхода является разработка оригинального алгоритма преобразования К-представления фрагмента знаний в фрагмент онтологии, описанный на языке OWL, ставшего основой второго этапа преобразования ЕЯ-описания знаний в выражения языка OWL. Разработанный алгоритм находит во входном семантическом представлении описания событий, объектов, их свойств и отношений связывающих их между собой и преобразует в соответствующие выражения OWL-языка: определения класса (например, «человек» как понятие будет являться классом) или объекта (некий конкретный человек будет являться объектом), указание характерных свойств класса или объекта, определения отношений между классами или объектами.

В рамках данного исследования было реализовано приложение на языке Java, использующее предложенный подход.

Список используемых источников:

1. Fomichov V. A. Semantics-Oriented Natural Language Processing: Mathematical Models and Algorithms. IFSR International Series on Systems Science and Engineering, vol. 27. New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer, 2010. — 352 p.

2. Fomichov V.A.: Semantic Mapping of Definitions for Constructing Ontologies of Business Processes // 2022 45th Jubilee International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO), May 23 — 27, 2022, Opatija, Croatia. Proceedings. Rijeka: Croatian Society for Information, Communication and Electronic Technology — MIPRO, 2022.

Программное инструментальное обеспечение поддержки исследований волновых явлений в рамках качественного подхода

Фадеев М.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Балакирев Н.Е.

МАИ, Москва

В рамках исследований волновых явлений можно выделить два основных подхода к их рассмотрению — количественный и качественный подходы. Количественный подход направлен на получение числовых характеристик волны с целью получения моделей, наиболее точно отражающих физический процесс волнового явления. Такой подход прежде всего применяется в предположении непрерывности и бесконечности рассматриваемый волны, но при возможности получения только дискретного и конечного набора значений данных. В задачах распознавания, когда стоит проблема извлечения информационного содержания потока таких данных, количественные методы имеют не полный набор возможностей.

С позиций качественного подхода волна носит не только физический характер, но и многоуровневое содержание внутри себя, отражающее то или иное содержание об окружающем её мире или наполняемое смысловой информацией в случае речевой коммуникации. Вскрытие такого содержания является основой распознавания речи или интегрального, информационного анализа сложных природных явлений на основе рассмотрения волновых сигналов. Информационная сторона, заложенная в волне, в данном рассмотрении вскрывается, прежде всего, через её форму, которая отражает в волне содержание [1-2]. Здесь, наряду с физическими законами, важнейшей стороной рассмотрения должны стать законы, связанные с информационными операциями обработки данных, их анализом и классификацией.

Такое кардинальное изменение позиции рассмотрения предполагает такой же кардинальный пересмотр способов доказательства объективности полученных результатов. Математические методы, выражаемые через формулы и алгоритмы, носят объективный характер, если имеется подтверждение близости результатов вычисления к получаемым физическим данным с допустимой степенью погрешности. Распознаваемый объект может иметь значительное количественное отличие в снимаемых данных, но отражать одно и то же информационное содержание. В применяемом подходе акцент делается на конфигурации физических форм, моделируемые объективно получаемыми структурами на базе системы отношений. Таким образом, необходимо обеспечить это направление исследований, прежде всего, новыми методами доказательства объективности получаемых результатов и новыми алгоритмами в виде общедоступных процедур. Ввиду сложности решаемых задач распознавания и потребности постоянного сопоставления получаемых результатов возникла потребность создания нового инструмента исследований.

Для обеспечения поддержки исследований в рамках качественного подхода был разработан новый программный инструментальный комплекс [3], учитывающий особенности выбранного подхода и теоретической базы. Кроме автоматизации ряда задач, возникающих при проведении экспериментальных работ, при разработке потребовалось учесть потребности в инструментах, помогающих в вопросах анализа и синтеза при извлечении информационного содержания волн. Итерационная цепочка исследований от анализа к синтезу, а от него опять к анализу и т. д. потребовали комплексного объединения этих двух этапов в рамках единой системы.

При использовании приведенного теоретического исследования, позволяющего описывать любое волновое явление, важнейшим решением задач распознавания может быть только экспериментальная проверка и обоснование применяемых структур эмпирическим путем. И это с необходимостью потребовало принципиально новой технологии и инструмента для исследования и проведения экспериментов. Особенности такой системы является оригинальная структура построения, позволяющая совмещение анализа и синтеза с документированием процесса проведения эксперимента, а также интерфейс присоединения отдельно разрабатываемых программных модулей в систему. Предлагается вертикально-горизонтальная модель в виде пирамидальной структуры учёта и хранения используемых структур и модулей, позволяющая обеспечивать соответствующий уровень абстракций или обобщения при анализе и синтезе.

Проверка в рамках исследований структур и алгоритмов их получения и обработки, а также иных сопровождающих программных реализаций, потребовала в практическом плане инструмента, совмещающего анализ и синтез, объединения различных программных моделей в рамках общей системы, обеспечение многоуровневой обработки данных и документальное подтверждение получаемых результатов в ходе эксперимента.

Список используемых источников:

1. Балакирев Н. Е. Логико-лингвистический подход при обработке колебательных сигналов (базовая концепция) / Н. Е. Балакирев // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XIV международной научно-методической конференции (Воронеж, 6-8 февраля 2014 г.) — Воронеж, 2014. — С. 331–335.
2. Структуризация и качественное рассмотрение звукового потока в системе синтеза и анализа речи / Н. Е. Балакирев [и др.] // Программные продукты и системы. — 2018. — №4. — С. 768–776.
3. Фадеев М. М., Балакирев Н. Е. Система обеспечения извлечения информационного содержания волн: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023688814 РФ; Заяв. 25.12.2023.

Исследование экономических преступлений в аэрокосмической отрасли методами математического моделирования

Филатов Н.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Маркарян А.О.

МАИ, Москва

Укрепление экономического сектора государства представляет собой комплексное управление множеством процессов, происходящих в стране, и является одним из приоритетных направлений устойчивого развития. Экономические преступления, в свою очередь, представляют серьезную угрозу и могут нанести значительный ущерб как промышленности в целом, так и её отраслям, включая аэрокосмическую.

Отсутствие контроля за состоянием преступности в экономической сфере может привести к крупным осложнениям экономической безопасности, таким как ухудшение делового и инвестиционного климата, отток капитала и ограничение возможностей предпринимательской деятельности.

Необходимость исследования экономических преступлений обусловлена спецификой российской экономики, относительно недавним переходом к экономической системе, регулируемой рыночными механизмами и прочими ограничениями. Следует отметить актуальность исследования экономических преступлений, совершаемых в аэрокосмической отрасли, в условиях международных санкций.

Анализ источников показал, что исследования данной проблемы проводятся преимущественно с правовой позиции, исключая анализ влияния экономических и социальных причин, без применения математических методов [1]. В связи с этим актуально исследование, основанное на использовании комплексного подхода, сочетающего в себе не только качественные методы, но и формальные методики, реализуемые с помощью математического аппарата [2].

Таким образом, целью данной работы является исследование экономических преступлений в аэрокосмической отрасли с помощью методов математического моделирования.

Для достижения цели изучены причины и механизмы совершения экономических преступлений, определены факторы, влияющие на состояние преступности, среди которых уровень бедности и безработицы, индекс потребительских цен, ключевая ставка Банка России, уровень заработных плат и другие, построена математическая модель, описывающая статистическую зависимость числа экономических преступлений от указанных факторов, проведено статистическое исследование модели.

Моделирование осуществлено методами регрессионного анализа. Такой подход обеспечивает объективность исследования, что, в свою очередь, дает возможность разрабатывать эффективные стратегии и принимать взвешенные решения, способствующие снижению уровня экономических преступлений в аэрокосмической отрасли.

Список используемых источников:

1. Лукин В.К. Основные факторы, определяющие совершение незаконного предпринимательства и проблемы их нейтрализации // Вестник академии знаний. — 2016. — № 19 (4). — С. 2.
2. Маркарян А. О. Интеллектуальная система оценки местонахождения нелегальных мигрантов / А. О. Маркарян // Труды Академии управления МВД России. — 2017. — № 3(43). — С. 105-110. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30022623> (дата обращения: 27.02.2024).
3. Анализ данных: учебник для академического бакалавриата / под ред. В. С. Мхитряна. — М.: Издательство Юрайт, 2016. — 490 с.
4. Столбина Л.В. Характеристика преступлений, совершаемых на объектах воздушного транспортного комплекса (на примере аэропорта Домодедово) // ППД. 2018. №2. С. 40 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/harakteristika-prestupleniy-sovershaemyh-na-obekтах-vozdushnogo-transportnogo-kompleksa-na-primere-aeroporta-domodedovo> (дата обращения: 26.02.2024).

Разработка и моделирование системы автономного управления БПЛА

Хорошко А.Л.

Научный руководитель — Хорошко А.Л.

МАИ, Москва

Управление беспилотным летательным аппаратом (БЛА) автоматически осуществляется через бортовой комплекс навигации и управления, который включает инерциальные датчики для определения ориентации и движения, приемник спутниковой навигации, и систему воздушных сигналов для измерения скорости и высоты. Для полетов внутри зданий и на низких высотах необходимы дополнительные системы, такие как лидары, камеры глубины и сонары, для измерения расстояния до объектов.

Важным компонентом является машинное зрение, используемое для обработки данных от камер и создания визуальной картины окружающей среды. В режиме реального времени эти данные с сенсоров обрабатываются, строится трехмерная карта окружения, и вычисляется безопасный и оптимальный маршрут. Для эффективного выполнения этих задач используется дополнительный вычислительный ресурс на борту.

В условиях труднодоступных мест, где отсутствует GPS-сигнал, необходимо определять координаты, обрабатывая данные с бортовых датчиков и машинного зрения. Таким образом, автономное управление БЛА требует решения трех ключевых задач:

- 1) определение координат и положения в пространстве,
- 2) построение трехмерной карты окружения,
- 3) разработка программного комплекса для планирования маршрута, учитывая цели полета, координаты и карту окружающей среды, с акцентом на использование данных машинного зрения.

Исходя из таких условий эксплуатации, возникает задача разработки системы автономного управления полетом БЛА для решения поставленных перед беспилотным летательным аппаратом задач.

Список используемых источников:

1. Rudol, P. (2011). Increasing Autonomy of Unmanned Aircraft Systems Through the Use of Imaging Sensors. Linköping Institute of Technology
2. ROS Q&A How to read LaserScan data. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.theconstructsim.com/read-laserscan-data/> (дата обращения: 25.01.2024)
3. E.W. Nettleton, P.W. Gibbens, and H.F. Durrant-Whyte. Closed form solutions to the multiple platform simultaneous localisation and map building (slam) problem. In Bulur V. Dasarathy, editor, Sensor Fusion: Architectures, Algorithms, and Applications IV, volume 4051, pages 428–437, Bellingham, 2000.

Сравнительный анализ веб-фреймворков на языке Python

Храпов А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кейно П.П.

МАИ, Москва

С развитием веб-технологий и растущим спросом на веб-сервисы, выбор подходящего фреймворка становится критически значимым для успешной разработки. В данном исследовании проводится сравнительный анализ веб-фреймворков для разработки веб-сервисов на языке Python, рассмотрены их особенности, преимущества и недостатки для определения наиболее подходящего варианта в зависимости от конкретных потребностей проекта.

Анализируемые веб-фреймворки:

1. Django предоставляет высокоуровневый подход к разработке веб-приложений, включая интегрированный набор инструментов, охватывающий различные аспекты разработки, например: готовые решения для аутентификации, административного интерфейса и ORM. Основной фокус Django сосредоточен на создании монолитных приложений. В Django

используется декларативный подход, который ориентирован на описание желаемого состояния приложения, а не на шаги для достижения этого состояния.

2. FastAPI является современным и быстрым веб-фреймворком для разработки API с поддержкой асинхронных операций. Он обладает интуитивно понятным синтаксисом и автоматически генерирует документацию API на основе стандартов OpenAPI. FastAPI ориентирован на создание высокопроизводительных API, а его асинхронная природа обеспечивает эффективную обработку большого количества запросов.

3. Flask — гибкий веб-фреймворк, предоставляющий разработчикам возможность выбирать и интегрировать только нужные компоненты. Он отличается простотой использования и предоставляет минималистичное ядро с возможностью расширения через обширную поддержку расширений. Flask подходит для небольших проектов или прототипов, где необходима гибкость и минимальные усилия для настройки.

4. Tornado — это асинхронный веб-фреймворк, изначально разработанный для обеспечения высокой производительности при большом количестве одновременных соединений. В сравнении с предыдущими веб-фреймворками, Tornado является низкоуровневым, он предоставляет инструменты для написания веб-сервисов с использованием неблокирующего ввода-вывода. Tornado чаще всего подходит для создания веб-приложений с использованием стримингового видео, чатов и других приложений, где требуется эффективная обработка событий в реальном времени.

Таким образом, рассмотренные веб-фреймворки обладают своими уникальными особенностями и выбор инструмента зависит от конкретных характеристик проекта, таких как производительность, сложность и масштабируемость.

Список используемых источников:

1. Документация FastAPI. [Электронный ресурс] URL: <https://fastapi.tiangolo.com/ru/tutorial/> (дата обращения 25.02.2024).

2. Документация Django. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.djangoproject.com/en/5.0/> (дата обращения 25.02.2024).

3. Аллен Б. Дауни. Основы Python. — М.: Манн, Иванов, Фербер, 2021 г. — 892 с.

Обзор фронтенд-технологий для построения высокоэффективных веб-приложений

Чернаков А.Д.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Алексейчук А.С.

МАИ, Москва

В условиях наложенных санкций, создавших значительные трудности для российских компаний, особенно в сферах банковского и государственного секторов, связанных с размещением своих приложений в магазинах Google Play и App Store, наблюдается стремительный переход к разработке веб-приложений. Одним из основных преимуществ веб-приложений является их универсальная доступность из любого браузера на различных устройствах. Веб-приложения также привлекают внимание своей простотой использования для конечных пользователей. Этот переход подчеркивает актуальность использования современных фронтенд-фреймворков, таких как React, Vue и Angular, для эффективного построения веб-приложений, которые будут отвечать требованиям доступности, производительности и удобства использования.

React, Angular и Vue — это JavaScript-фреймворки, обеспечивающие эффективную отрисовку и перерисовку пользовательского интерфейса. Эти инструменты активно применяются разработчиками благодаря своей высокой функциональности, предоставляя эффективные средства для создания масштабируемых и высокопроизводительных пользовательских интерфейсов.

В современной фронтенд-разработке важное внимание уделяется библиотекам для управления состоянием, таким как Redux и MobX. Эти инструменты занимают ключевое

положение в организации данных в приложении, обеспечивая стабильность и управляемость состоянием на клиентской стороне.

Оптимизация загрузки ресурсов и ускорение работы веб-приложений становятся неотъемлемой частью процесса разработки. Инструменты сборки, такие как Webpack, Parcel и Rollup, предоставляют разработчикам средства для бандлинга и минификации кода, что существенно улучшает время загрузки приложений.

Для обеспечения адаптивного дизайна и оптимального отображения на различных устройствах активно используются техники CSS- фреймворков и библиотек, такие как Bootstrap и Tailwind CSS. Эти инструменты упрощают процесс создания отзывчивых интерфейсов, обеспечивая удобство использования приложения на различных платформах.

Особое внимание заслуживают технологии Progressive Web Apps (PWA), позволяющие создавать веб-приложения с функциональностью, сопоставимой с нативными приложениями. PWA обеспечивают высокую производительность, возможность работы оффлайн и мгновенный запуск, существенно повышая уровень удовлетворенности пользователей.

Таким образом, переход к веб-приложениям представляет собой эффективный ответ на вызов, обусловленный санкциями, наложенными на Россию в последние годы. Этот шаг обеспечивает компаниям возможность эффективно предоставлять свои услуги и продукты в условиях ограниченной доступности к магазинам приложений.

Список используемых источников:

1. Заяц, А. М. Проектирование и разработка WEB-приложений. Введение в frontend и backend разработку на JavaScript и node.js : учебное пособие / А. М. Заяц, Н. П. Васильев. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 120 с.

2. Газизулин Нафис Инсафович, Плещинская Ирина Евгеньевна Разработка прогрессивного веб-приложения с помощью технологии PWA // StudNet. 2020. №8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-progressivnogo-veb-prilozheniya-s-pomoschyu-technologii-pwa> (дата обращения: 13.02.2024).

3. Сабиров Д.А. МИКРОСЕРВИСНАЯ АРХИТЕКТУРА НА FRONTEND // Научный журнал. 2021. №7 (62). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mikroservisnaya-arhitektura-na-frontend> (дата обращения: 04.02.2024).

Разработка веб-приложения для управления оптико-электронной системой межсамолётной навигации беспилотного летательного аппарата

Чернышов М.А.

Научный руководитель — к.т.н. Лопаткин Д.В.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Москва

На данный момент одним из наиболее актуальных направлений в сфере программного обеспечения является разработка веб-приложений. Эта отрасль стремительно развивается и все чаще находит применение в различных сферах деятельности. В частности, разработка веб-приложений типа Single Page Application (SPA) с использованием Application Programming Interface (API), обеспечивающего протоколы обмена информацией в режиме реального времени, пользуется высоким спросом.

В данной работе будет представлено программное обеспечение оптико-электронной системы межсамолётной навигации (МСН), разработанное с использованием современных средств веб-приложений. Первоочередной задачей при разработке является создание архитектуры данной системы. Она включает следующие основные модули: модуль вычисления навигационных параметров на языке программирования C++, модуль графического интерфейса (HTML, CSS, JavaScript и Bootstrap). Кроме того, разработан вспомогательный модуль сборки, использующий кроссплатформенную утилиту автоматизации сборки CMake, для объединения всех подключаемых к проекту библиотек и файлов.

Модуль вычисления навигационных параметров содержит исполнительные и заголовочные файлы форматов ".cpp" и ".h", которые выполняют расчеты координат,

обрабатывают изображение и передают данные на сервер. Весь функционал модуля подробно описан в исполнительном файле main.cpp.

Структура директории с графическим интерфейсом включает в себя директорию подключенных модулей Node.js и директорию "public". В директории "public" содержится описание интерфейса, а также папки с CSS, изображениями и JS файлами. Папка CSS содержит каскадные таблицы стилей и подключаемые файлы CSS библиотеки Bootstrap. Папка JS содержит файлы, отвечающие за функциональную часть интерфейса, включая отправку запросов на получение и отправку данных на сервер, а также анимацию элементов управления интерфейсом. Папка с изображениями содержит векторные изображения в формате SVG, обеспечивая их наилучшее отображение на мониторе различного разрешения.

Интерфейс системы состоит из пяти вкладок: «Главная», «Камера», «САУ», «Посадка» и «Рой». Взаимодействие между интерфейсом и оптико-электронной системы МСН осуществляется путем поднятия локального сервера и установления WebSocket соединения. Этот подход обеспечивает обмен данными между сервером и API в режиме реального времени, что дает преимущество перед другими протоколами, такими как HTTP, в части скорости обмена данных.

Принцип работы взаимодействия интерфейса и программ основан на следующем: при запуске системы автоматически запускается локальный сервер с использованием фреймворка Express.js для Node.js. Затем создается экземпляр класса, инициализирующий веб-приложение, указывается порт и тип данных, которые будут отправляться на сервер. Далее описываются методы для отправки HTML форм на сервер и обработки данных по заданному порту.

Кроме того, описано взаимодействие программ на языках C++ и JavaScript, условия передачи данных, их парсинг и события, отслеживающие получение и отправку данных на сервер. Кодировка и передача данных между модулями осуществляется в формате JSON. Входящие данные от системы МСН и САУ захватываются с сервера и передаются в модуль на C++, где происходит преобразование данных для дальнейшей работы. Обратная связь осуществляется аналогичным образом, где модуль на C++ формирует массив данных в формате JSON и отправляет его на сервер. Методы, реализованные на JavaScript, следят за данными от МСН и САУ, принимают их с сервера, преобразуют в нужный формат и отправляют на HTML формы для отображения на экране.

Таким образом, разработано кросс-платформенное ПО для системы МСН с адаптивным графическим интерфейсом, совместимое с большинством существующих браузеров. Интерфейс обладает интуитивно понятными элементами управления, позволяющими настраивать систему в режиме реального времени. Это значительно расширяет возможности отладки и экспериментальных исследований в рамках создания оптико-электронной системы МСН.

Список используемых источников:

1. Ипполитов С.В., Лопаткин Д.В., Губарь М.Н., Бондарев В.Г., Титов Д.Е., Чернышов М.А. и др. Принципы построения систем межсамолетной навигации и прицеливания роя беспилотных летательных аппаратов. Отчет о НИР. Отчет о НИР № 1611935, шифр «Рой-93», ВУНЦ ВВС «ВВА», — Воронеж, 2022 г. Инв. № 5318.
2. Пат. 2758285 Российская Федерация, МПК51 G 01S 13/89. Способ групповой видеонавигации летательных аппаратов Бондарев В.Г., Ипполитов С.В., Лопаткин Д.В., Роговенко О.Н., Титов Д.Е., Полозов Н.В., Чернышов М.А. (РФ); заявители и патентообладатели ВУНЦ ВВС «ВВА». № 2021100336; заявл. 11.01.2021 г. 7 с.: ил.
3. Программа калибровки оптико-электронной системы межсамолетной навигации. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022680431 от 21 октября 2022 г.
4. Молчалов А.С. Иконические системы воздушной разведки. Основы построения, оценка качества и их применение в комплексах с БЛА / Молчалов А.С., Абрамов Д.В. Волгоград: Панорама, 2017. С. 45-62.

Вопросы распознавания информационного содержания нот в звуковом потоке

Швецов И.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Балакирев Н.Е.

МАИ, Москва

Каждая нота имеет свое индивидуальное информационное содержание, выраженное в определенных конфигурациях последовательности сигналов. На базе качественного подхода, используя систему отношений, звуковой сигнал можно описать однозначными структурами, сопоставимыми со знаками. Кроме этого на их основе можно получить различные волновые характеристики, совокупность которых определяет то или иное содержание. По сути благодаря определенным наборам характеристик мы и можем распознать информационное содержание, соответствующее ноте, которую мы слышим. Эти характеристики напрямую связаны с формой сигнала и формализуются в соответствующих структурах и их последовательностях.

Рассмотрев осциллограмму звукового сигнала какой-либо музыкальной ноты, можно заметить определенный «рисунок», который повторяется через равный промежуток времени. При рассмотрении осциллограммы двух звуковых сигналов одной и той же ноты, но сыгранной, например, в разных октавах, также наблюдается явное сходство рисунков звукового сигнала.

На основании возможности формального описания информационного содержания подобных форм, но имеющих разные количественные характеристики, открывается путь к исследованию тех характеристик, которые соответствуют тем или иным нотам.

Экспериментальные исследования возможны в связи с наличием мощного инструмента исследований «Система обеспечения извлечения информационного содержания волн» [3], которая позволяет производить анализ и синтез звуковых волн и имеет набор DLL процедур, позволяющих структурировать любой поток данных значения амплитуд. Именно получаемые структуры и их характеристики позволяют проводить исследования по поиску закономерностей их наборов для различного информационного содержания.

Основными требованиями в решении задачи распознавания является эффективность и безошибочность распознавания ноты, так как записанный звуковой сигнал ноты может содержать в себе посторонние шумы окружающего мира или помехи от звукозаписывающего устройства.

Полученный продукт может иметь огромный спектр применения. Например, он может быть полезен в музыкальной индустрии для улучшения качества записи и исправления ошибок в игре на инструментах или транскрибирования музыки из аудиозаписей.

Список используемых источников:

1. Балакирев, Н. Е. Логико-лингвистический подход при обработке колебательных сигналов (базовая концепция) / Н. Е. Балакирев // Информатика: проблемы, методология, технологии: сборник материалов XIV международной научно-методической конференции (Воронеж, 6-8 февраля 2014 г.) — Воронеж, 2014. — С. 331–335.
2. Структуризация и качественное рассмотрение звукового потока в системе синтеза и анализа речи / Н. Е. Балакирев [и др.] // Программные продукты и системы. — 2018. — №4. — С. 768–776.
3. Фадеев М. М., Балакирев Н. Е. Система обеспечения извлечения информационного содержания волн: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023688814 РФ; Заяв. 25.12.2023

Основные направления использования возможностей искусственного интеллекта для сокращения сроков и улучшения качества создаваемых документов

Шестихин Н.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Сдобнов А.Г.

МАИ, Москва

Электронный документооборот сегодня — всеобъемлющая система управления рабочими процессами, которую на территории России к 2025 году планируют довести до 90% [1, 811 с.]. Жизненный цикл документа включает в себя множество итераций [2, 493с.], каждая из которых в той или иной степени подвержена автоматизации. Разрабатываемая информационная система поддержки создания документов (далее по тексту ИСПСД) уже сейчас обладает функциональными возможностями, которых нет у аналогов — генераторов отчетов. К функциям ИСПСД относят: поиск и устранения ошибок форматирования, создание типовых документов, хранение и передача документов, согласно иерархии доступа к информации, работа со вставкой и вычленением данных, которая включает таблицы, иллюстрационные материалы, листинги, заголовки и текст.

Однако далеко не со всеми задачами можно справиться посредством алгоритмов. Кроме того, область применения ИСПСД достаточно динамична, что сказывается на качестве и сроках создания документов.

Решением обозначенной проблемы являются нейронные сети. Их возможности в обработке естественного языка (наиболее крупный обработчик — generative pre-trained transformer; GPT) [3, 80 с.], компьютерного зрения (сверточные нейронные сети — convolutional neural network; CNN) и нейронного машинного перевода (Neutral Machine Translation; NMT) позволяют использовать интеллектуальную автоматизацию в сферах, где совсем недавно мог работать только человек.

Благодаря GPT возможно не только проверять готовые документы (орфографическая, грамматическая, пунктуационная и синтаксическая проверки), но и генерировать информацию, опираясь на «знаниях», заложенных в нейронную сеть во время обучения. Использование GPT позволяет менять стилистику текста, расширять и сокращать текст, предлагать сценарии и планы действия в той или иной ситуации. Возможности данной технологии постоянно расширяются разработчиками.

Сверточные нейронные сети способны классифицировать и распознавать изображения. Это может быть полезно для оцифровки бумажных документов.

NMT обладает большим потенциалом в рамках электронного документооборота. Уже сейчас машинный перевод считается достаточно точным и используется в самых популярных онлайн-переводчиках в купе со статистическим переводом, образуя гибридную систему.

Системы нейросетевого перевода постоянно совершенствуются. Продукты, использующие технологии нейронных сетей в отрыве от статистического перевода, являются полноценными конкурентами, ставших уже привычными, онлайн-переводчиками.

И тем не менее, обучение нейронной сети — долгий и дорогостоящий процесс, требующий как большое количество обучающих данных, так и внушительных вычислительных мощностей.

Существуют готовые решения, уже обученные нейронные сети, однако их использование зачастую не бесплатно или имеет ограничение бесплатного использования.

Таким образом использование методов интеллектуальной и алгоритмической автоматизации в ИСПСД способно не только ускорить процесс создания документов, но и повысить их качество за счет точности, снижения вероятности ошибок и обеспечения соответствия стандартам форматирования и стиля.

Список используемых источников:

1. Ларин М.В., Суровцева Н.Г. Некоторые теоретические вопросы архивного хранения электронных документов // Вестник архивиста. — 2019. — № 3. — С. 809–824.

2. Розум М.Ю. Жизненный цикл документов как фактор профессиональных знаний документоведов и архивоведов // Документ в социокультурном пространстве региона: теория, история и современность. Материалы IV Международной научно-практической конференции. Казань, 2021 — С. 490–495.

3. Кумратова А. М., Морозова Н. В., Василенко А. И., Когай И. Е. Анализ возможностей нейронной сети на основе языковой модели GPT-3 и способы ее применения на производстве // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4, Естественно-математические и технические науки. — С. 80–85.

Разработка системы хранения конфиденциальных данных на удалённых серверах (в публичных облаках)

Ширяев П.И.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Мокряков А.В.

МАИ, Москва

В наши дни количество информации, создаваемой в процессе взаимодействия с персональным компьютером,кратно множится. В соответствии с ростом объема данных увеличиваются требования к хранилищам. Информация стала обладать не только большим объемом, но и высокой необходимостью в бесперебойном доступе. Для решения обеих проблем были придуманы технологии, с помощью которых стало возможно хранить данные не только на жестких дисках компьютера, но и в облачных хранилищах. Эти хранилища дают возможность пользователям не волноваться о сохранности и целостности данных. Информация постоянно доступна в приложениях для компьютеров, через клиенты, веб-интерфейсы и интернет-страницы, а также по запросу инструментов, обеспечивающих доступ к облачным хранилищам. Использование облачных средств упрощает взаимодействие с компьютерами, потому что файлы не потеряются при поломке жесткого диска персонального компьютера, могут быть открыты не только с помощью домашнего устройства, но также и на рабочей машине, на телефоне, на планшете и так далее.

Для обеспечения бесперебойного доступа к файлам необходимо надежное подключение к сети Интернет и учетная запись одного из доступных сервисов. Такими сервисами являются: Dropbox, «Google Диск» (Google One), Mega, Яндекс.Диск, OneDrive, «Облако Mail.Ru», iCloud, Vox, pCloud и др. Данные облака обладают всеми преимуществами облачных хранилищ, которые были ранее описаны, но также имеют недостатки, которые могут нарушать безопасное взаимодействие с хранимой информацией.

В физическом плане публичные облака являются большими серверными помещениями, которые вмещают в себя достаточное количество жестких дисков, оборудования и систем поддержки бесперебойной работы сервиса. Такие хранилища, являясь набором HDD носителей, представляют из себя крупный сервер, к которому можно получить доступ на физическом уровне. Также к серверу на сетевом уровне можно получить доступ с помощью учетной записи администратора и прочитать файлы, хранящиеся в виртуальных хранилищах пользователей. Так как каждый производитель самостоятельно определяет, как именно хранятся файлы на жестких дисках хранилища, отсутствует гарантия безопасного хранения данных пользователей, потому как шифрование, возможно, используется только для обеспечения безопасности передачи данных, но не хранения их на серверах. Отсутствие таковых гарантий является слабым местом облаков, поэтому в данной работе рассматривается создание системы, позволяющей хранить данные в публичных облаках безопасно.

В работе создается виртуальное хранилище, представляющее из себя файл со структурой памяти, а также множество файлов, хранящих в себе набор из фрагментов реальных файлов пользователя. В процессе работы системы для скачивания файла считывается файл со структурой памяти и расшифровывается, затем при выборе искомого файла на устройство загружаются отрывки этого файла, расшифровываются и соединяются в один файл, а при загрузке имеющегося файла, он разбивается на части определенной заданной длины, части шифруются и записываются в файлы с отрывками. Для такой системы становится трудно

выяснить изначальное состояние памяти, т.к. файлы не только зашифрованы, но и разделены на различные части.

Для создания системы используется язык C# и платформа .Net.

Значимость создания такой системы заключается в повышении безопасности хранения конфиденциальных данных в публичных облаках.

Список используемых источников:

1. Ивонин П. В. Безопасность облака в деталях //Безопасность информационных технологий. — 2013. — Т. 20. — №. 2. — С. 37–40.

2. Ханис А. Л. и др. Шифрование данных в облаке с возможностью поиска //Интеллектуальные информационные системы: тенденции, проблемы, перспективы. — 2019. — С. 85–100.

Генерация данных для методики проверки работы системы контроля промышленной безопасности

Шкредов М.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Нагибин С.Я.

МАИ, Москва

Промышленная безопасность — это набор комплексных мер по предотвращению и минимизации последствий аварий на опасных производственных объектах или ОПО. По статистике средний ущерб от аварии на ОПО составляет примерно 130 млн\$, поэтому работы в данном направлении крайне актуальны.

При создании и введении систем дистанционного контроля промышленной безопасности (СДКПБ) разработчики сталкиваются с серьезной проблемой, заключающейся в том, что тестировать и отрабатывать программное обеспечение СДКПБ на реальных данных не представляет возможности, поскольку для этого нужно практически останавливать производственный процесс. Выходом из создавшегося положения является разработка и создание «цифровых двойников».

Цифровой двойник — это цифровая (виртуальная) модель объекта, системы или процесса, которая воспроизводит действия оригинала и порождает близкий к оригиналу поток событий и данных. Цифровой двойник (это может быть имитационная модель) моделирует, что будет происходить с оригиналом в тех или иных условиях, что помогает экономить время и средства (например, если речь идёт о сложном и дорогостоящем оборудовании — заводе, цехе, самолете),

При работе с промышленными объектами важно своевременно определять состояния отдельных элементов предприятия, в том числе для регистрации нарушений и прогнозирования аварий. При разработке подобных систем необходимо иметь актуальные данные о работе оборудования, технологических и бизнес процессах. В таких ситуациях разрабатывают цифровой двойник промышленного предприятия.

Цифровой двойник — позволяет существенно упростить процесс тестирования системы контроля промышленной безопасности, а также значительно расширяет возможности аналитических сервисов.

В рамках проекта по созданию цифрового двойника промышленного предприятия для платформы интеллектуального мониторинга (Платформа Phoenix) был создан инструмент, позволяющий генерировать данные, имитирующие работу промышленного оборудования, с помощью заданных метаданных. Такими метаданными могут являться логи работ существующих систем, а также заранее заданные шаблоны поведения составляющих информационной системы.

Имитация работы оборудования в общем случае сводится к передаче сервисам-обработчика данных, аналогичных ожидаемым, с заданным интервалом. В рамках первого этапа задачи подразумевалась работа с данными с помощью интеграционной шины предприятия (ESB — enterprise service bus). Передаваемые данные должны валидироваться согласно форматам сообщений, с которыми работают сервисы-обработчики. Валидация

данных включает в себя проверку формата сообщения, проверку полноты сообщения и проверку самих данных. В случае, если данные не проходят валидацию, система должна сообщить об ошибке участникам процесса.

Для передачи сообщения в определённом формате посредством ESB-шины необходимо непосредственно подключиться к шине, обработать полученную информацию и отправить сообщение. Ввиду потенциально большого количества сервисов-обработчиков был создан дополнительный инструмент, позволяющий предсказать повреждения данных в процессе передачи.

В дальнейшем разработанный инструмент может стать частью универсального решения по созданию цифровых двойников промышленных объектов, что позволит эффективнее управлять процессом создания и обновления системы контроля промышленной безопасности.

Список используемых источников:

1. Бородаенко Ю. В. Оценка качества интеграционных решений и методика их сравнительного анализа // Доклады БГУИР, 2019.
2. Pettey, C. Prepare for the Impact of Digital Twins; Gartner: Stamford, CT, USA, 2017.
3. Морозова О. А. Интеграция корпоративных информационных систем: Учебное пособие / О. А. Морозова. — М. : Финансовый университет, 2014.
4. Gregor Hohpe, Enterprise Integration Patterns : Designing, Building and Deploying Messaging Solutions / Gregor Hohpe; Pearson Education Inc., 2019.

Вопросы создания программного продукта, выделяющего информационное содержание гласных фонем

Шлапаков Е.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Балакирев Н.Е.

МАИ, Москва

Целью работы является разработка программного продукта, определяющего и выделяющего информационное содержание гласных фонем, на базе структуризации звукового потока амплитуд, для улучшения распознавания гласных фонем в человеческой речи вне зависимости от условий и качества произношения.

Структуризация звукового потока основывается на качественном подходе [1,2], который базируется на системе отношений больше, меньше и равно.

В рамках этого подхода показано, что любой поток данных относящихся к волновым процессам можно однозначно описать в автоматическом режиме в виде структур, а затем синтезировать данные близкие к исходным. Для звука это выливается в то, что после структуризации, в рамках которой часть информации будет потеряна, можно восстановить данные и воспроизвести звук аналогичный исходному. На основе структуризации можно получить множество количественных и качественных характеристик по совокупности, которых можно обеспечить распознавание нужного информационного содержания, включая информационное содержание. По совокупности таких характеристик необходимо выбрать те подмножества со значениями, которые позволят утверждать, что это именно соответствующая гласная фонема.

При решении задачи распознавания гласных фонем имеется возможность воспользоваться инструментальным комплексом «Система обеспечения извлечения информационного содержания волн» [3] и специальными DLL процедурами, позволяющими сегментировать, фрагментировать и структурировать исходные данные в виде значения амплитуд.

Решение задачи распознавания гласных фонем откроет дорогу распознавания и других фонем и накопить опыт по извлечению информационного содержания.

Список используемых источников:

1. Балакирев, Н. Е. Логико-лингвистический подход при обработке колебательных сигналов (базовая концепция) / Н. Е. Балакирев // Информатика: проблемы, методология,

технологии: сборник материалов XIV международной научно-методической конференции (Воронеж, 6-8 февраля 2014 г.) — Воронеж, 2014. — С. 331–335.

2. Структуризация и качественное рассмотрение звукового потока в системе синтеза и анализа речи / Н. Е. Балакирев [и др.] // Программные продукты и системы. — 2018. — №4. — С. 768–776.

3. Фадеев М. М., Балакирев Н. Е. Система обеспечения извлечения информационного содержания волн: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023688814 РФ; Заяв. 25.12.2023

Обеспечение конфиденциальности информации при симплексной передаче данных по сетям бытового электропитания

Шматов А.Н.

Научный руководитель — Егоров В.В.

МАИ, Москва

Существует ряд протоколов для передачи данных по электрическим проводам в домашней электросети. Разработанный протокол выделяется своей гибкостью: пакеты данных не имеют фиксированной длины, он более защищенный и устойчив к помехам благодаря использованию менее шумных частот и устойчивому кодированию. В отличие от других протоколов, которые работают на более высоких частотах и имеют ограничения на расстояние передачи, этот протокол позволяет передавать данные по всей локальной электросети, охватывая обычно не более одного километра. Таким образом, данный протокол идеально подходит для умных домов, где требуется передача небольших объемов данных на большие расстояния в пределах сети электропитания, ограниченной понижающим трансформатором.

Протокол передачи данных по сетям бытового и промышленного электропитания подразумевает возможное его использование в формате симплексной связи. Необходимо обеспечить безопасность в условиях, когда приемник не может отправлять обратные пакеты. Было использовано симметричное шифрование с циклической передачей ключей и использованием логической операции XOR. Это означает, что ключ от следующего пакета в зашифрованном виде передается в предыдущем пакете. Шифрование происходит перед помехоустойчивым кодированием и перемешиваем битов в пакете для еще большего увеличения помехоустойчивости.

Несмотря на большую помехоустойчивость и вероятность успешной передачи пакета, при хотя бы одной потере пакета приемник не может расшифровывать последующие пакеты. Возможным решением может быть повторная отправка пакета, однако за этим следуют большие потери в скорости передачи данных.

Было решено использовать следующий алгоритм: Пакет n содержит ключ не только ключ от пакета $n+1$, но и от пакета $n+2$. Это позволяет расшифровать последующие пакеты при потере одного из них. Это позволяет увеличить вероятность успешного расшифрования пакетов без больших потерь в скорости передачи данных.

Можно заметить, что существует также вероятность того, что два пакета подряд будут переданы с ошибками. Тогда алгоритм, описанный выше, оказывается неэффективным при достаточно длительной передаче пакетов. Для этого предусмотрено использование периодической отправки пакетов со статическим паролем, который изменяется только при непосредственном подключении к приемнику для дальнейшего перепрограммирования статического пароля если он будет скомпрометирован. Периодичность отправки таких пакетов определяется вероятностью правильного получения пакета и количеством ключей для будущих пакетов, передающегося в пакете. Например, если в пакете передаются ключи для следующих двух пакетов, а вероятность успешного получения пакета будет равна 0.96, то матожидание количества непрерывно успешно расшифрованных пакетов будет составлять 625 пакетов. (Вероятность того, что два пакета подряд передадутся с ошибками равна 0.0016. В среднем это случается при передаче каждого 625 пакета).

Список используемых источников:

1. Egorov, V.V., Zolotenkova M.K., Prototype of a Pulse-Frequency Modem for Transmitting Information over Power Supply Networks. 2023 IEEE 24th International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM), 2023. P. 530-533.

2. Гатчин Ю.А., Сухостат В.В., Куракин А.С., Донецкая Ю.В. Теория информационной безопасности и методология защиты информации: Учебное пособие / Реценз.: Коробейников А.Г., д.т.н., проф. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2018. — С. 35–75.

3. Основы информационной безопасности: учебное пособие для студентов вузов / Е. В. Вострцова. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. — С. 68–79.

4. M. J. Buckingham, Noise in electronic devices and systems. E.Horwood: Halsted Press, 1986. P. 120–145.

Информационно-справочное приложение для обучения инженерной графике

Эрбис А.М., Левашкин-Леонов С.В.

Научный руководитель — к.т.н. Гинзбург И.Б.

МАИ, Москва

При подготовке инженеров освоению различных САПР предшествует обучение черчению на бумаге, включающее в себя поиск информации о параметрах стандартных деталей в соответствии с ГОСТом по печатным методическим указаниям. Создание цифрового помощника для поиска нужной информации позволяет существенно ускорить и упростить процесс ручного выполнения графических работ.

Существующие электронные справочные материалы для дисциплин «Инженерная графика» и «Начертательная геометрия» содержат оцифрованные методические указания, но не решают проблему поиска данных в большом количестве таблиц. Информационно-справочное приложение позволит быстро выполнить поиск по таблицам, выдавая нужные параметры для указанных деталей.

Прототип информационно-справочного приложения для мобильных устройств разработан на языке Kotlin в среде разработки Android Studio. Использованы компоненты интерфейса Material 3 [1] в соответствии с современными трендами оформления приложений. В архитектуре приложения применён модульный подход, при котором разделены слои пользовательского интерфейса и бизнес-логики, что облегчает дальнейшую разработку. Все данные хранятся на устройстве пользователя, поэтому для работы приложения не требуется подключение к сети Интернет.

В приложении пользователь может найти размеры стандартных деталей, а также размеры текстовых надписей для обозначений на чертеже и заполнения штампов. Планируется внедрение перечня материалов, используемых в курсе «Инженерная графика», а также схем, поясняющих правила нанесения размеров и построения сечений различных фигур.

Распространение приложения может осуществляться как с помощью магазинов приложений, так и с помощью прямой ссылки на скачивание с сайта разработчика. Для обеспечения кроссплатформенности данной информационно-справочной системы будет разработана веб-версия приложения [2], что обеспечит его интеграцию с существующим сайтом кафедры «Инженерная графика» и другими учебными веб-приложениями [3].

Проведенное тестирование приложения на фокус-группе студентов показало повышение продуктивности обучения черчению стандартных деталей и оформлению текстов на чертежах по ГОСТу.

Список используемых источников:

1. Material Design [Электронный ресурс] URL: <https://m3.material.io/> (дата обращения 14.02.2024).

2. Гинзбург И.Б. Анализ возможностей локального хранения данных веб-приложений на стороне клиента // Научно-технический вестник Поволжья. — 2022. — №2. — С. 24–26.

3. Гинзбург И.Б., Ермаков А.А., Падалко С.Н. Дистанционное обучение через Интернет с помощью специализированных веб-приложений // Научно-технический вестник Поволжья. — 2021. — №11. — С. 19–21.

Разработка профессионального навигационного программного обеспечения для спортивного туризма

Юсупов Т.М.

Научный руководитель — Павлов О.В.

МАИ, Москва

Введение: Спортивный туризм становится все более популярным видом отдыха и спорта, и он требует точного и надежного навигационного программного обеспечения. Разработка профессионального программного обеспечения для навигации в спортивном туризме — это актуальная и сложная задача, требующая тщательного подхода и учета множества факторов.

Основные требования к навигационному ПО для спортивного туризма: Программное обеспечение должно быть простым в использовании, обеспечивать высокую точность и надежность навигации, учитывать специфику различных видов спортивного туризма, а также быть удобным для работы в разных условиях.

Учет специфики спортивного туризма: Каждый вид спортивного туризма имеет свои особенности, которые должны быть учтены при разработке навигационного ПО. Например, для горного туризма важны высоты, маршруты, перепады высот, а для водного туризма — глубины, течения, русла рек и т.д. Так же приложение должно содержать информацию о специфичных местах, как рельефных: овраги, опасные места, тропы, так и о культурных: постройки, достопримечательности, с описаниями особенностей мест.

Интеграция с другими сервисами и устройствами: Навигационное ПО должно быть интегрировано с другими сервисами, такими как картографические, высотные, локальные туристические и т. д. Это позволит пользователям получать всю необходимую информацию при планировании и проведении спортивных походов, а также позволять участникам делиться и распространять опыт по прохождению маршрутов и исследованию новых территорий России.

Список используемых источников:

1. Кушнарёв В. В., Спутниковая навигация в туризме // Вестник Бурятского государственного университета. 2009. №4. С. 53-56.
2. Гладкий А. В., Скларов А. А. Современные картографические модели и особенности их использования в туризме. // Псковский региональный журнал. 2017. №1.

Методы оптимизации работы веб-страниц с применением серверного рендеринга

Ярулин Э.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Семенов Г.Е.

МАИ, Москва

Серверный рендеринг (SSR — Server Side Rendering) является одним из первых методов доставки веб-страниц на клиент. Основной особенностью, исходящей из названия, является создание исходного кода страницы на сервере, после чего полученная страница принимается и отображается браузером. С развитием технологий, в частности самих браузеров, и ростом вычислительных мощностей стало возможным использование преимуществ среды клиента. Это привело к появлению CSR (Client Side Rendering) — метод рендеринга, который подразумевает отправку практически пустого HTML файла с рядом JS инструкций, которые затем браузер использует для заполнения содержимого.

В современной веб-разработке серверный рендеринг вновь обретает популярность, во многом за счет технологии гидратации, при которой клиент сперва получает некоторое статическое содержимое, а впоследствии уже основные JS ресурсы, которыми и заполняет прежде статичное наполнение. Это позволяет решить две основные проблемы, возможные при использовании чистого SSR или CSR:

- 1) При первом открытии веб-страницы пользователь видит некоторое статичное содержимое. При чистом CSR первое значимое изображение содержимого (First Meaningful Paint) происходит только после обработки браузером всех полученных от сервера ресурсов.

2) Возможность использовать все преимущества клиентской интерактивности. Сервер не может передать клиенту интерактивные элементы, наподобие слушателей, поскольку HTML файлы являются лишь инструкцией, на основе которой браузер строит собственный DOM (Document Object Model). Поэтому сервер сперва сам выполняет JS код (для получения статичного содержимого), а затем передает его клиенту, который выполняет его повторно для наполнения данного содержимого интерактивностью.

Основной целью данной работы является показательное сравнение CSR и SSR. В качестве главной метрики выбрана скорость первой отрисовки, а также общая UX оценка полученной страницы. В качестве инструмента выбран React — JavaScript-фреймворк, позволяющий разработчику работать как с клиентским рендерингом (по умолчанию), так и с серверным (React Server Components).

Вторичной целью является оценка влияния гидратации на оптимизацию веб-страниц. Для этой цели выбран фреймворк Next.js, включающий клиентские и серверные компоненты. Несмотря на названия, оба типа компонентов являются подвидами серверного рендеринга, однако при использовании серверных компонентов можно указать фреймворку на возможность пропуска этапа гидратации. Это позволит нам создать простое приложение, в котором будут использованы разные методы оптимизации.

Для сбора метрики использованы инструменты разработчика и Profiler, предоставляемый расширением React Developer Tools.

Список используемых источников:

1. Закас Н. JavaScript для профессиональных разработчиков : пер.с англ. / Н. Закас. — СПб. : Питер, 2015. — 958 с. : ил. — (Для профессионалов). — ISBN 978-5-496-01325-3.
2. Yudin Art. Building Versatile Mobile Apps with Python and REST [Электронный ресурс] : RESTful Web Services with Django and React / Yudin Art. — New York : Apress, 2020. — xvi, 348 p. — ISBN 978-1-4842-6332-7.
3. Ашманов И. Оптимизация и продвижение сайтов в поисковых системах / И. Ашманов, А. Иванов. — 3-е изд. — М.;СПб.;Н. Новгород : Питер, 2012. — 463 с. : ил. — ISBN 978-5-459-00737-4.

Секция №3.5 Электротехника, электротехнические комплексы и электроника

Использование принципа многопоточного преобразования электроэнергии в перспективных авиационных системах электроснабжения

Алексеев А.О.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Шевцов Д.А.

МАИ, Москва

Развитие систем электроснабжения летательных аппаратов предполагает существенное повышение установленной электрической мощности на борту, а также переход на системы постоянного тока повышенного напряжения. Такая тенденция неукоснительно ведет к повышению мощности и количества бортовых силовых полупроводниковых преобразовательных устройств. В силу высокого уровня мощности, а также строгих требований по надежности, предъявляемых к авиационным системам, для построения таких устройств целесообразно применять принцип многопоточного преобразования электроэнергии. Такой принцип предполагает построение преобразователей на базе нескольких однотипных силовых ячеек, работающих под управлением общей системы управления. Коммутация силовых ячеек производится по сигналам управления, сдвинутым по фазе, что позволяет в несколько раз повысить эквивалентную частоту преобразования и, тем самым, уменьшить массу и объем сглаживающих фильтров, а также улучшить динамику системы. Использование принципа многопоточного преобразования позволяет повысить технологичность устройства за счет возможности включения дополнительных ячеек в случае необходимости повышения мощности, а также увеличить системную надежность, так как выход из строя части силовых ячеек не ведет к выходу из строя устройства в целом. Основным недостатком многопоточного принципа является сложность обеспечения равномерного распределения силовых токов между ячейками преобразователя. Неравномерность токораспределения возникает вследствие технологического разброса как элементов силовых ячеек преобразователя, так и элементов его системы управления.

Данная работа посвящена разработке и исследованию методов обеспечения равномерного токораспределения между силовыми ячейками полупроводниковых преобразователей электроэнергии, работающих по многопоточному принципу. Оцениваются параметры силовых ячеек до и после внедрения разработанных методов. Работоспособность предлагаемых решений подтверждается результатами имитационного компьютерного моделирования.

Список используемых источников:

1. I. Cotton, A. Nelms, and M. Husband. Higher voltage aircraft power systems. IEEE Aerosp. Electron. Syst. Mag., vol. 23, no. 2, pp. 25–32, 2008, doi: 10.1109/MAES.2008.4460728.
2. Машуков Е. В. Шевцов Д. А. Ульященко Г. М. Многофазный стабилизированный конвертор. Транзисторные устройства распределения, преобразования и регулирования электроэнергии. Тематический сборник научных трудов. — М.: Экон, 1999, с. 30–33.
3. Северис Р. Блун Г. Импульсные преобразователи постоянного напряжения для систем вторичного электропитания. М: Энергоатомиздат, 1988.
4. Юрченко А. И. Многофазный импульсный стабилизатор постоянного напряжения на высоковольтных транзисторах. — Электронная техника в автоматике/ Под ред. Ю. И. Конева. — М.: Сов. Радио, 1977, вып. 9, с. 56–60.

Разработка системы стабилизации частоты вращения турбомашинных преобразователей

Беляков С.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Бусурин В.И.
МАИ, Москва

Установки с турбомашинным преобразованием энергии рассматриваются в России и за рубежом в качестве средств энергетического обеспечения ряда перспективных проектов. Одной из задач, встречающихся при разработке таких систем, является стабилизация частоты вращения турбомашин при переменной нагрузке.

В существующих турбомашинных системах используются электрогенераторы с магнитами из магнитно-твёрдых материалов, установленными на роторе. Выходное напряжение таких генераторов преимущественно зависит от частоты вращения ротора. При изменении нагрузки или режимов работы системы в турбомашине изменяется баланс мощностей, что приводит к изменению её частоты вращения. Поддержание заданной частоты вращения ротора таких машин является важным условием длительной, стабильной и безопасной работы энергоустановки и питаемого оборудования.

В докладе представлена система управления частотой оборотов ротора турбомашин, предназначенная для стендовых испытаний. Разработанное программное обеспечение в реальном времени обеспечивает автоматическое управление оборотами ротора турбомашин, вывод измеряемых параметров на экран в числовом и графическом виде, управление стендовым оборудованием, запись измеряемых параметров и расчётных данных.

Автоматическое управление частотой вращения ротора турбомашин реализуется с помощью алгоритма дискретного ПИД-регулятора, который управляет проводимостью подключённой к генератору балластной нагрузки. Балластная нагрузка выполнена в виде параллельно подключаемых секций, где проводимость каждой следующей секции в два раза выше, чем у предыдущей. Такое исполнение даёт возможность регулировать мощность нагрузки с одинаковым шагом и использовать двоичный код как сигнал для управления устройствами коммутации.

Список используемых источников:

1. Кошлаков В.В., Готовцев К.В., Захаренков Л.Э., Каревский А.В., Кирюшин Е.Н., Ловцов А.С., Ошев Ю.А., Семёнкин А.В., Солодухин А.Е., Федотов С.Ю., Федюнин С.Ю., Цветков А.Г. Экспериментальная стендовая база АО ГНЦ «Центр Келдыша» для проведения испытаний мощных энергодвигательных установок // Космическая техника и технологии. — 2022. — №1(36). — С. 80–95.
2. Коротеев А.С., Готовцев К.В., Захаренков Л.Э., Каревский А.В., Ловцов А.С., Ошев Ю.А., Селиванов М.Ю., Семёнкин А.В., Солодухин А.Е. Совместное функционирование электроракетных двигателей и системы газотурбинного преобразования энергии в составе энергодвигательной установки космического назначения // Известия РАН. Энергетика. — 2020 №1. — С. 3–20.

Синтез структур преобразователей электрической энергии солнечной батареи Волонин М.С.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Асташев М.Г.
НИУ «МЭИ», Москва

Современные тенденции в энергетике заставляют всё больше обращать взор на возобновляемые источники энергии. Солнечная энергия считается одним из наиболее перспективных источников возобновляемой энергии благодаря её экологичности и универсальности. Так популярным решением является установка солнечных панелей для бытового использования. Современные стандарты солнечных панелей подразумевают, что постоянное напряжение на выходе панели варьируется в широком диапазоне. Однако при производстве энергии для бытовых целей необходимо обеспечить генерацию сетевой энергии (переменный ток, синхронизированный с током сети).

Устройство преобразовательной техники, позволяющее связать энергию солнца и её применение в быту — солнечный инвертор, работающий параллельно с сетью. Силовая часть такого устройства, как правило, состоит из двух каскадов: первый — повышающий преобразователь постоянного напряжения (ППН), второй — инвертор, синхронизированный с сетью. Классическим решением включения двух этих схем является вариант, когда нулевой потенциал солнечной панели объединён с нулевым потенциалом выхода ППН.

Существует довольно большое количество структур, по которым можно построить подобную схему. В данном докладе предлагается ввести классификацию таких структур по подключению нейтрали сети, полярности напряжения звена постоянного тока и наличию гальванической развязки. А Также, выявить достоинства и недостатки, на основе имитационных компьютерных моделей, соответствующих конкретным схемам преобразователей, входящих в состав тех или иных структур.

Список используемых источников:

1. Calais, M.; Myrzik, J.; Spooner, T.; Agelidis, V.G. Inverters for single-phase grid connected photovoltaic systems-an overview. In Proceedings of the 2002 IEEE 33rd Annual Power Electronics Specialists Conference, Cairns, Australia, 23–27 June 2002; pp. 1995–2000.

2. В.И. Мелешин Транзисторная преобразовательная техника Москва: Техносфера, 2005. — 632 с. ISBN 5-94836-051-2.

Проблемы обеспечения надежности энергопреобразующей аппаратуры космических аппаратов

Воробьева Г.Е., Лысенко И.Е.

Научный руководитель — Журавлев И.М.

АО «РЕШЕТНЁВ», Железногорск

Одной из главных особенностей проектирования космической техники (КТ), являются повышенные требования к обеспечению безотказности всех систем, в особенности — системы электропитания (СЭП). Логично предположить, что даже при отказе полезной нагрузки КА может использоваться для целей, не связанных с целевым назначением, при этом становясь полностью бесполезным при потере электропитания. Соответственно, система электропитания в целом, и энергопреобразующая аппаратура (ЭПА) в частности, должна обеспечивать возможность регулирования и передачи электроэнергии хотя бы при единичном отказе произвольного элемента [1–3].

Проводя оценку надежности ЭПА, как правило, принимается допущение, что она определяется эксплуатационными показателями, т.е. надежностью наиболее нагруженного элемента. В свою очередь, безотказность с наибольшей нагрузкой определяется:

- Величиной нагрева элемента, зависящей от токовой нагрузки;
- Вероятностью пробоя элемента, зависящей от прикладываемого напряжения.

При этом резервирование за счет последовательного и параллельного подключения элементов приводит к неоправданному росту массы ЭПА, что недопустимо с позиций эксплуатации КА. Таким образом, уже существующие методики и алгоритмы [1, 2] требуют дополнения в части оптимизации резерва. Например, как указано в [4], вместо резервирования элементов на обрыв в каждом канале преобразования энергии, возможно выделение для этого отдельного канала, что позволяет снизить число резервных элементов в N раз, где N — число каналов. Недостатком такого подхода является проблема выбора оптимального количества каналов преобразования энергии, поскольку отсутствует явная точка оптимума, учитывающая число каналов, мощность одного канала и массу ЭПА.

Для сохранения высокого уровня безотказности ЭПА возможно применение микросборок, которые за счет топологической оптимизации позволяют увеличить число каналов. Таким образом, при сохранении того же уровня массы получается увеличить число каналов преобразования энергии, снижая нагрузку на каждый отдельный канал и минимизируя последствия единичного отказа. Недостатком такого подхода является то,

что отказ микросборки с одним кристаллом в корпусе может привести к более серьезным последствиям, нежели отказ микросборки с несколькими кристаллами.

Резервирование сигналов возможно за счет мажоритарной обработки «2 из 3», «2 из 3 плюс 1», либо «3 из 5». В последнее время, увеличивается тенденция к реализации мажоритарных программными средствами, а не аппаратными средствами, что позволяет снизить занимаемую массу и объем. Тем не менее, такой подход приводит к снижению надежности при потере физического контакта микросхемы с печатной платой. В случае аппаратной реализации сохраняется шанс того, что схема мажоритирования продолжит работу. При этом сохраняется проблема «бутылочного горлышка» — поскольку выходной сигнал снимается с одного выхода микросхемы, ее отказ обесценивает всё предыдущее резервирование.

Список используемых источников:

1. Патраев В.Е., Шангина Е.А. Надежность технических систем космических аппаратов: учеб. пособие. Красноярск: Сиб. Федер. Ун-т, 2019. 66 с.
2. Меньшиков В.А., Рудаков В.Б., Сычев В.Н. Контроль качества космических аппаратов при отработке и производстве. Оптимизация и управление рисками. М.: Машиностроение–Полет, 2009. 400 с.
3. Справочник нормативного характера. М.: 22 ЦНИИ МО РФ, 2006. 641 с.
4. Комплексный алгоритм проектирования энергопреобразующей аппаратуры космических аппаратов / И. М. Журавлев, И. Е. Лысенко, М. Е., Хлыстунов, Д. О. Дударьков, А. Г. Струговец // Вестник чувашского университета. — 2023. — 4. — С. 85–98.

Методика синтеза архитектуры децентрализованной системы электроснабжения летательного аппарата

Глуценко А.С.

Научный руководитель — к.т.н. Чекин А.Ю.

ФАУ «ГосНИИАС», Москва

В настоящее время заметно увеличение разработок воздушных судов с электрифицированными силовыми установками, которые требуют для своего функционирования значительное количество электроэнергии. При этом, как правило, такие силовые установки распределяются по воздушному судну и размещаются в различных его частях. Для реализации необходимой мощности на борту, с учетом требований отказоустойчивости, повышается количество и тип источников энергии (аккумуляторные батареи, топливные элементы, суперконденсаторы, тепловые машины с электрогенераторами). Количество движителей (пропеллеров и импеллеров с электрическими двигателями и преобразователями энергии) — потребителей электрической энергии также может достигать нескольких десятков. В связи с этим возникает задача в разработке оптимальной по критерию минимальной массы электрической части распределенной электрифицированной силовой установки воздушных судов — системы распределения, обеспечивающей распределение электрической энергии между большим количеством (несколько десятков) разнородных источников энергии и большим количеством (до сотни) потребителей энергии, с обеспечением требований безопасности.

Решаемая проблема, представляет собой многопараметрическую задачу, которая должна учитывать массовые характеристики элементов системы, а также местоположение их на борту воздушного судна для построения возможных топологий системы [3]. Также должно быть исследовано отказоустойчивость разработанных систем, для чего потребуется разработка отдельной методики.

В работе рассматривается методика синтеза распределенной системы электроснабжения на примере воздушного судна с распределённой силовой установкой. Для решения задачи выбрана методика на основе графов [1] и в качестве параметров используются характеристики составных частей: удельная мощность, отказоустойчивость и геометрические размеры воздушного судна. Получение решений задачи синтеза связей элементов системы распределения базируется на переборе всех возможных вариантов соединений элементов

системы распределения с учетом построенной системы ограничений. Данная задача относится к классу NP (non-deterministic polynomial) — задачи, решение которых можно получить за время, не превосходящее полинома от размера данных. Следовательно, для решения данной задачи необходимо применение методики решения задач класса NP, которая позволит оптимизировать процесс поиска решений [2].

В качестве рамок исследований выбран региональный самолет с количеством потребителей и источников электроэнергии не превышающих 40 штук, различных по характеристикам.

Для первоначального этапа исследований параметры элементов идеализировались с целью снижения времени расчета, однако при дальнейшем решении данной задачи планируется увеличение учитываемых параметров. Также в работе необходимо предусмотреть разработку системы управления для синтезированной системы.

Для реализации требуемой методики предлагается использовать аппарат теории искусственного интеллекта для решения класса задач удовлетворения ограничений.

Список используемых источников:

1. Овчинников, В. А. Графы в задачах анализа и синтеза структур сложных систем / В. А. Овчинников ; Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. — 424 с. : ил., табл., схем., граф. — Режим доступа: по подписке. — URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=577187> (дата обращения: 12.02.2024). — Библиогр.: с. 412–413. — ISBN 978-5-7038-3890-7. — Текст : электронный.

2. Потёмкин А. В., Горшков П. С., Халютин С. П. Методика синтеза структурных схем системы электроснабжения воздушных судов // НиКа. 2013. №. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-sinteza-strukturnykh-shem-sistemy-elektrosnabzheniya-vozdushnykh-sudov> (дата обращения: 12.02.2024).

3. Жмуров Б.В., Халютин С.П., Корнилов С.В. Развитие структурно-функционального моделирования электроэнергетических систем самолета. Проблемы безопасности полетов. 2009. № 8. с. 53–62.

Проблемы автоматизации испытаний систем электропитания малых космических аппаратов в условиях серийного производства

Ковкин И.В., Москаленко Н.В., Джигирис В.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Юдинцев А.Г.

НИИ АЭМ ТУСУР, Томск

Одной из важнейших служебных систем любого космического аппарата (КА), образующих его платформу, является система электропитания (СЭП), обеспечивающая выработку, накопление и распределение электрической энергии. Чтобы гарантировать эффективную и безаварийную работу КА в течение всего срока активного существования при производстве СЭП проводится цикл электрических испытаний как отдельных модулей, так и всей системы в целом. На сегодняшний день для проведения испытаний различных систем КА применяются специализированные программно-аппаратные комплексы, позволяющие проводить полное исследование всего бортового электрооборудования в автоматизированном режиме [1]. Несмотря широкий функционал данных комплексов, возможность их применения ограничивается чрезмерной установленной мощностью СЭП КА, условиями и задачами, для которых они предназначены.

В настоящий момент перед предприятиями ракетно-космической отрасли стоят задачи перевода производства на новый индустриальный уровень и обеспечения динамичного серийного выпуска КА различного типа [2]. Наиболее актуальным направлением является создание линий серийного производства малых космических аппаратов (МКА). Эта область включает в себя инновационные проекты, такие как низкоорбитальная многоспутниковая система передачи данных «Марафон-IoT» и среднеорбитальная система спутниковой связи «Скиф», создаваемые в рамках федерального проекта «Сфера». В ходе реализации данных проектов были разработаны две унифицированные спутниковые платформы: для МКА массой

до 100 кг и КА массой до 1000 кг. В будущем на базе унифицированных платформ будут создаваться спутники мини- и микрокласса для решения различных целевых задач.

Организация поточного производства конвейерного типа и создание КА на основе унифицированных платформ становятся приоритетными целями для всех специалистов космической отрасли. Среди основных тенденций развития современного спутникостроения особое место занимает увеличение объема выпуска продукции совместно с сокращением времени и стоимости ее производства. На сегодняшний день перед ведущими предприятиями поставлена задача организации производства КА и их элементов с тактом выпуска 1,5–2 дня [3]. Достижение таких показателей невозможно без высокой степени автоматизации производственных процессов, в том числе на этапе наземных испытаний и отработки модулей СЭП.

Современная контрольно-проверочная аппаратура (КПА), предназначенная для автоматизации испытаний СЭП КА, обладает хорошей производительностью и функционалом, однако зачастую не является гибкой и универсальной. Устройства и системы КПА комплектуются для конкретных типов рабочих мест в зависимости от вида испытаний и характеристик контролируемого объекта. В связи с этим подавляющее большинство комплексов не способно эффективно функционировать в условиях гибкого серийного производства КА различного типа. Кроме того, в текущих условиях проведение комплексных наземных испытаний СЭП КА требует больших затрат времени, человеческих и технических ресурсов. Продолжительность испытаний в зависимости от их вида и типа КА может составлять от нескольких недель до нескольких месяцев. Длительность наземных испытаний приводит к увеличению времени выпуска КА, что осложняет их серийный выпуск.

Для удовлетворения потребностей современного производства необходимо разработать КПА нового поколения, обладающую следующими свойствами:

- Гибкая структура, адаптируемая под конкретные задачи и тип МКА;
- Унифицированный программно-аппаратный комплекс;
- Возможность интеграции в информационную систему предприятия;
- Возможность взаимодействия с другими системами управления и автоматизации поточной линии;
- Наличие устройств и систем защиты и самодиагностики для обеспечения непрерывности работы производственных линий;
- Наличие подсистемы для проведения научных исследований и анализа свойств систем электропитания МКА.

В настоящий момент ученые и инженеры научно-исследовательского института автоматики и электромеханики Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники «НИИ АЭМ ТУСУР» работают над созданием инновационных образцов КПА — имитаторов составных частей системы электроснабжения космических аппаратов:

- Имитатор литий-ионной аккумуляторной батареи;
- Имитатор солнечной батареи;
- Зарядно-разрядный комплекс наземного обслуживания бортовых аккумуляторных батарей.

Разрабатываемые программно-аппаратные комплексы предназначены для применения на всех этапах создания, отработки и наземной эксплуатации, включая автономные испытания и исследования МКА «Марафон-IoT».

Внедрение предложенной КПА позволит в автоматизированном режиме осуществлять контроль технического состояния и исследование характеристик СЭП на участках потокового типа для различных МКА. Результатом станет повышение степени автоматизации наземных электрических испытаний, сокращение времени и стоимости серийного производства, а также расширение области исследований модулей СЭП МКА.

Список используемых источников:

1. Бубнов О.В., Кремзуков Ю.А., Пчельников В.А. Автоматизированное рабочее место отработки и испытаний энергопреобразующей аппаратуры системы электропитания космического аппарата // Доклады ТУСУРа. 2017. Т. 20. №3. С. 35–39.

2. Михальченкова Е. Визит главы отрасли // Сибирский спутник. 2024. №3 (592). С. 2.
3. Короткова М. «Марафон» инноваций // Сибирский спутник. 2023. №11 (576). С. 6–7.

Устройство управления полумостовым четырёхключевым преобразователем электроэнергии в режиме фазовой ШИМ

Лукошин И.В., Подгузова М.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Шевцов Д.А.

МАИ, Москва

Для достижения наибольшей эффективности преобразователя необходимо добиться того, чтобы переключение транзисторов в силовом каскаде происходило при нуле тока (zero current switch — ZCS) или при нуле напряжения (zero voltage switch — ZVS). Благодаря этому снижаются динамические потери, как следствие, повышается КПД устройства, также растёт удельная мощность самого преобразователя. Одним из наиболее целесообразных алгоритмов управления, обеспечивающих ZVS, является фазовая ШИМ. Главной особенностью такого способа управления является то, что каждый силовой транзисторный ключ (СТК) имеет постоянный коэффициент заполнения (КЗ), равный 0,5, благодаря чему появляется возможность использовать более простые трансформаторные драйверы СТК, не требующие дополнительной подпитки вторичной стороны. Благодаря такому решению существенно снижается стоимость готового изделия, а за счёт расположения ШИМ контроллера на вторичной стороне преобразователя упрощается схемотехника устройства, поскольку исключается применение оптопары в цепи обратной связи по выходному напряжению.

Не маловажным достоинством фазовой ШИМ является равномерное распределение тепла между СТК, что упрощает разработку конструкции, обеспечивающую теплоотвод от силовых элементов преобразователя.

Основные производители электронных компонентов давно серийно выпускают готовые ШИМ контроллеры, обеспечивающие фазовую ШИМ. При этом следует отметить, что в преобразователях зачастую используют не специальные ШИМ контроллеры, а программируемые микроконтроллеры с внутренним алгоритмом фазовой ШИМ.

Для реализации фазовой ШИМ распределение импульсов с выхода компаратора ШИМ зачастую осуществляется по принципу ведущий-ведомый, либо на основе:

- Ведущего Т-триггера и двух ведомых логических элементах «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ»
- Ведущего Т-триггера и ведомого D-триггера
- Ведущего Т-триггера и ведомого RS-триггера

Однако при ближайшем рассмотрении и экспериментальных исследованиях были выявлены недостатки используемых принципов построения фазовой ШИМ, которые проявлялись в нарушении алгоритма работы, как в переходных, так и в аварийных режимах. При этом сбои наблюдались как в режиме регулирования по пиковому значению тока, так и в режиме регулирования по напряжению. Скорее всего эти сбои обусловлены как особенностями внутренней структуры ШИМ-контроллера, так и проблемой логических гонок и состояний.

Принимая во внимание выявленные недостатки существующих принципов построения фазовой ШИМ, был предложен и исследован новый принцип реализации такого алгоритма управления на основе двух D- триггеров с перекрёстными обратными связями.

Список используемых источников:

1. Чаренко А. И. Ноникашвили А. Д. Преобразователь постоянного напряжения в постоянное. АС СССР № 1541726. Кл. Н 04 М 3/315, 3/337. 1990.Д.
2. Микросхемы для импульсных источников питания и их применения/ Додэка 2000 г. 508 с.
3. Ковев Ю.И. Основные проблемы миниатюризации силовых электронных устройств и систем. В сб. ЭтВА, под ред. Конева Ю.И., «Сов. Радио», №7, 1975.
4. M.J. Schutten; D.A. Torrey Improved small-signal analysis for the phase-shifted PWM power converter / IEEE Transactions on Power Electronics. 2003, volume 18, issue 2.

Разработка компьютерной модели цифрового двойника привода на основе бесколлекторного электродвигателя постоянного тока

Лычагина И.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Чекин А.Ю.

ФАУ «ГосНИИАС», Москва

Тенденции автоматизации процессов с использованием активно развивающихся современных технологий (искусственный интеллект, облачные технологии, интернет вещей) все больше приближают к Четвертой промышленной революции. Цифровые технологии внедряются в различные сферы деятельности человека, а именно большое внимание уделяется использованию таких технологий в производстве. Потребность возникает вследствие увеличивающейся сложности технологических процессов, которые влекут за собой рост объема информации, требующей проведения интерпретации, обработки и анализа [1]. Вследствие этого становится невозможной эффективная работа предприятий без применения технологий цифровых двойников в жизненном цикле изделий высокотехнологичных отраслей.

Виртуальный объект формируется на основе математических моделей, которые повторяют действия реального объекта и могут быть синхронизированы с ним. Это позволяет предсказывать работу объекта при изменении его параметров, осуществлять модернизацию, проводить испытания на виртуальном объекте, минимизируя риски поломки реального объекта, время и стоимость испытаний, угрозу здоровья человека.

В работе представлена разработка компьютерной модели цифрового двойника (ЦД) привода на основе бесколлекторного электродвигателя по данным, полученным в результате испытания и расчетов. Для наглядного понимания разработки модели ЦД была составлена архитектура модели, в которой были выделены основные части: электрическая и механическая части, датчик положения ротора (ДПР) и ШИМ-управление. Изначально для электродвигателя были составлены уравнения динамики на основе имеющихся механических и электрических параметров [2]. Из уравнения вращательного движения была выражена угловая скорость ротора, с которой также вращается ротор ДПР (резольвер). Для резольвера были выведены уравнения напряжений первичной, синусной и косинусной обмоток, из которых была получена формула угла поворота ротора электродвигателя. Информация об угловом положении ротора от ДПР служит сигналом для коммутации ключей инвертора, управляемых широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Инвертор необходим для формирования напряжения питания обмоток фаз. Была выражена взаимосвязь между углом поворота ротора и комбинациями работы транзисторных ключей инвертора. Время работы ключа зависит от коэффициента заполнения ШИМ, который формируется ПИД-регулятором посредством вычисления ошибки текущего значения от заданного значения угловой скорости или угла поворота приводного механизма.

В работе был рассмотрен привод выпускного клапана системы автоматического регулирования давления. Положение заслонки ограничено диапазоном от 0 до 90 градусов. Управление осуществляется по ошибке углового положения посредством ШИМ-управления вращением двигателя. Для моделирования инерции вращающихся частей привода присутствует уравнение динамики вращательного движения.

По уравнениям составлена компьютерная модель цифрового двойника электропривода в программах Matlab Simulink и SimInTech. Практически все требуемые блоки библиотеки в SimInTech аналогичны блокам в Matlab Simulink, за исключением блоков работы с массивами и коммутатора сигналов Multiport Switch. Поэтому в модель SimInTech были внесены блоки с кодом, реализующим принцип работы блоков в Matlab. Для расчета моделей в решателях программного обеспечения был использован один метод интегрирования с заданным шагом. По окончанию расчета были получены осциллограммы напряжений и токов фаз электродвигателя, момента и угловой скорости, диаграммы напряжений резольвера. Полученные значения угловой скорости и момента имеют малый процент отклонения от экспериментальных данных. При сравнении данных, полученных в результате моделирования

компьютерной модели цифрового двойника в Matlab Simulink и SimInTech, отличий в значениях выявлено не было.

Список используемых источников:

1. Пономарев К.С., Феофанов А.Н., Гришина Т.Г. Цифровой двойник производства — средство цифровизации деятельности организации // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. — 2019. — № 2(04). — С. 11–17.

2. Калачёв Ю.Н. SiminTech: моделирование в электроприводе. — М: ДМК Пресс, 2021. — 106 с.

Особенности выбора силовых транзисторов для импульсных источников питания

Малофеев О.И.

НПО им. С.А. Лавочкина, Москва

Основной задачей, с которой сталкивается разработчик импульсного источника питания (ИИП), является грамотный выбор силовых транзисторов. Они играют ключевую роль в преобразовании электрической энергии и обеспечении стабильного и эффективного питания для различных устройств.

Выбор силовых транзисторов зависит от множества факторов, таких как максимальное значение тока и напряжения, которое они могут выдерживать, а также их электрические и тепловые характеристики. Оптимальный выбор транзисторов требует глубокого понимания основных принципов их работы и учета требований конкретного применения. Из-за неправильного выбора транзисторов может произойти их преждевременный выход из строя, что так же может повлиять на работоспособность остальных частей схемы.

Самые распространённые транзисторы для ИИП: MOSFET и IGBT. Каждый из них обладает своими особенностями при работе в ключевом режиме и различные параметры, которые следует учитывать разработчику. Чаще всего, силовые транзисторы и система охлаждения для них являются одними из самых дорогих компонентов в устройстве, поэтому грамотный их выбор непосредственно влияет на конечную стоимость.

Правильный выбор транзисторов по напряжению поможет избежать электрического пробоя, а грамотный выбор по току определить максимальное тепловыделение и верно выбранную систему охлаждения.

Тепловой расчет транзисторов нужно вести с учетом, что система охлаждения должна обеспечивать их стабильную работу в течении всего периода эксплуатации. Не должно наблюдаться локальных перегревов и других тепловых аномалий, которые могут привести транзисторы к преждевременному выходу из строя.

Разработчику так же стоит учитывать параметры сигнала управления, который отвечает за открытие и закрытие силовых транзисторов в нужный момент. От этого зависит, на какой частоте коммутации применяется данный транзистор, что в свою очередь влияет на выбор остальных компонентов схемы.

Список используемых источников:

1. Семенов Б.Ю. Силовая электроника: от простого к сложному. — М.: СОЛОН-Пресс, 2005. — 416 с.: ил.

2. Штерн М.И. Силовая электроника. Расчеты и схемотехника. — СПб.: Наука и Техника, 2017. — 400 с.: ил.

Зарядно-разрядный программно-аппаратный комплекс для проведения наземных испытаний аккумуляторных батарей малых космических аппаратов

Москаленко Н.В., Ковкин И.В., Джигирис В.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Юдинцев А.Г.

НИИ АЭМ ТУСУР, Томск

Одной из ключевой систем любого космического аппарата (КА) является система электропитания (СЭП), которая обеспечивает его работоспособность и исправное выполнение целевых функций. Качество энергоснабжения каждого модуля КА непосредственно влияет на надежность аппарата в целом и на его показатели эффективности. Статистика отказов указывает на то, что большинство аварийных ситуаций связаны с дефектами, возникающими на разных этапах создания энергопреобразующей аппаратуры [1]. Именно поэтому проведение комплексного цикла наземных испытаний бортовых систем КА является особо важной задачей. Наземные испытания позволяют проверить исправность всей СЭП в целом, а также работоспособность каждого ее отдельного элемента. Аккумуляторная батарея (АБ) является одним из основных элементов системы СЭП КА. От надежного функционирования АБ зависит стабильность и эксплуатационные характеристики КА. Срок службы спутника во многом определяется степенью деградации свойств АБ.

За последнее время в мире вырос интерес к разработке и использованию МКА [2]. Современные МКА уже способны выполнять сложные задачи, которые недавно были возможны только для крупных и дорогостоящих КА. Такой рост возможностей является результатом достижений в области электроники и технического прогресса. Теперь разработка и использование МКА становится доступнее и перспективнее, расширяя возможности и применение космической технологии.

В настоящее время в космической отрасли возникает необходимость в создании контрольно-проверочной аппаратуры (КПА) для проверки АБ МКА. Использование новых типов АБ для СЭП МКА требует постоянного совершенствования КПА. С развитием требований к АБ МКА возникает потребность в создании зарядно-разрядного программно-аппаратного комплекса (ЗРПАК) для МКА. Этот комплекс предназначен для работы в качестве зарядно-разрядного устройства с АБ на всех этапах создания, отработки и наземной эксплуатации, включая входной контроль и автономные испытания на заводе-изготовителе. Требования к разработке ЗРПАК МКА включают унифицированность, снижение массогабаритных показателей, повышение точности измерения напряжения, обеспечение дистанционной работы, написание циклограмм, протоколирование и анализ данных испытаний.

Для решения данных задач разрабатывается ЗРПАК МКА, предназначенный для работы в составе рабочего места электрониспытаний малого космического аппарата глобальной низкоорбитальной многоспутниковой системы передачи данных «Марафон IoT» [3].

В ЗРПАК КА может осуществляться одновременный контроль состояний: 5 датчиков температуры с возможностью задания градуировочных характеристик, напряжения на 12 элементах АБ и напряжения на АБ.

ЗРПАК КА состоит из программируемого источника питания, программируемой электронной нагрузки, блока управления, источника питания собственных нужд, выходного фильтра, устройства коммутации для подключения к питающей сети 220 В 50 Гц и блока имитаторов. Программируемый источник питания способен обеспечить режимы заряда постоянным током от 0,1 до 15 А и заряда постоянным напряжением от 5 до 37 В. Электронная нагрузка способна разряжать тестируемую АБ в режиме постоянного тока от 0,5 до 15 А или постоянной мощности до 560 Вт.

Конструктивно разработанное устройство соответствует 19-дюймовому стандарту и представляет из себя горизонтальный открытый короб высотой 2U. Вентиляция начинки корпуса — активная состоящая из 3 вентиляторов. Применена типизация модулей с целью сокращения их разнообразия, что позволяет задать унифицированные механический и

электрический интерфейс между модулями и базовым блоком и за счёт этого сократить номенклатуру деталей. Электрическая связь между блоками реализована через коммутационную плату и силовые кабели. Режим управления ЗРПАК МКА как автономный, так и дистанционный с внешней ПЭВМ будет осуществляться по интерфейсу Ethernet.

На данный момент завершён этап разработки эскизного проекта СЧ ОКР. Проведен анализ и выбор оптимальных схемотехнических решений, разработаны алгоритмы работы и протоколы обмена, которые будут использованы на текущем этапе разработки рабочей конструкторской и эксплуатационной документации.

Список используемых источников:

1. Юдинцев А.Г. Энергопреобразующие комплексы для наземной отработки и подтверждения прогнозируемой надежности систем электропитания космических аппаратов // Доклады ТУСУР. — 2019. — № 3 (22). — С. 95–102.

2. М.Ю. Овчинников, В.И. Пеньков, И.Ю. Кирюшкин, Р.Б. Немучинский, А.А. Ильин, Е.Е. Нохрина, Опыт разработки, создания и эксплуатации магнитных систем ориентации малых спутников. М.: Препринт ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, 2002, № 53.

3. Техническое задание на составную часть опытно-конструкторской работы «Разработка аккумуляторной батареи космического аппарата «МАРАФОН», 540.ТЗ 240 — 5286 — 21.

Численное исследование распределения магнитной индукции в магнитожидкостном виброметре с магнитопроводом

Сплендер П.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Сайкин М.С.

ИГЭУ, Иваново

В работе представлены результаты исследований распределения магнитной индукции в магнитожидкостном виброметре, предназначенном для контроля вибросостояния технологического оборудования. Известен ряд конструкций магнитожидкостных датчиков, предназначенных для диагностики состояния технических объектов [1,2]. К недостаткам этих конструкций относятся низкая эффективность использования энергии постоянного магнита. Значительная часть магнитного потока постоянного магнита рассеивается в окружающей среде и не используется для создания рабочего магнитного потока.

Предлагается конструкция магнитожидкостного виброметра, в которой магнитный поток используется значительно эффективнее, чем в разработанных ранее конструкциях [3]. Магнитопровод этой конструкции выполнен из двух втулок, обращенных друг к другу. При возникновении вибраций технологического оборудования происходит перемещение подвижного чувствительного элемента относительно корпуса, и не происходит его соприкосновения с внутренними стенками. Отличительной особенностью исследуемой конструкции является наличие подвижной втулки, что позволяет производить настройку магнитожидкостного виброметра. Магнитная жидкость обеспечивает устойчивую левитацию чувствительного элемента внутри корпуса с минимальным коэффициентом трения. В измерительной обмотке наводится ЭДС, которая обрабатывается электронным блоком и отражает уровень вибраций оборудования. Корпус датчика жестко крепится к технологическому оборудованию в вертикальном положении.

Цель работы состояла в численном исследовании значений магнитной индукции в различных сечениях магнитожидкостного виброметра при изменении положения регулировочной магнитопроводной шайбы. Кроме этого, получены численные значения магнитной индукции на расстоянии до 10 мм от корпуса датчика, что необходимо для оценки возможности его использования в различном электротехнологическом оборудовании с точки зрения электромагнитной совместимости. Результаты проведенных исследований показывают, что величина магнитной индукции в зазоре между магнитами изменяется в диапазоне от 0,12 до 0,20 Тл при изменении коэрцитивной силы в диапазоне от 540 до 860 кА/м.

Результаты численных исследований позволяют определить пути создания рациональных конструкций магнитожидкостных виброметров.

Список используемых источников:

1. Сайкин М.С., Федосеева В.П. Разработка магнитожидкостных датчиков диагностики динамического состояния технических объектов./ Современные наукоёмкие технологии. Региональное приложение». 2020. N3 (63). С.83–97.
2. Федосеева В.П., Сайкин М.С. Разработка магнитожидкостных виброметрических датчиков. В сборнике 19-ой Международной Плесской конференции по нанодисперсным магнитным жидкостям. Сборник научных трудов. Иваново, 2020. С.262–268.
3. Сайкин М.С. Устройство для измерения вибраций. Патент на полезную модель, Российская Федерация N 217791 RU, МПК G01H 11/02, Приоритет от 18.02.2023, опубл. 18.04.2023, Бюл. N11. Заявка N 2023103102.

Секция №3.6 Прикладная сверхпроводимость

Исследование микроструктуры соединения MgB_2 , легированного Dy_2O_3 , и свойств сверхпроводника на его основе

Дихтиевская К.К.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Карцев А.И.

НИТУ МИСИС, АО «ВНИИНМ», Москва

О сверхпроводимости соединения MgB_2 стало известно в начале 2001 года, благодаря японскому учёному Акимитсу и его группе [1]. Ввиду относительно высокой температуры перехода в сверхпроводящее состояние (T_c) $\sim 39\text{K}$ MgB_2 является перспективным материалом для изготовления сверхпроводников на его основе. Такие сверхпроводники имеют широкий спектр применений, в том числе: в линиях электропередач с хладогентом в виде жидкого водорода [2], в аппаратах магнитно-резонансной терапии и других областях. К преимуществам сверхпроводников на основе MgB_2 относят простоту изготовления, доступность компонентов и возможность эксплуатации сверхпроводящих конструкций при температуре жидкого водорода. Работы по разработке MgB_2 сверхпроводников и повышению их электрофизических характеристик являются актуальным направлением в области электроэнергетики.

Наиболее технологичным способом получения сверхпроводников является метод «порошок в трубе» (PIT). Он подразумевает заполнение трубной заготовки порошком с последующим её деформированием. Для заполнения трубы может использоваться готовый сверхпроводящий порошок MgB_2 (вариант ex-situ) или смесь исходных порошков (in-situ). На сегодняшний день критическая плотность тока (J_c) сверхпроводников на основе MgB_2 производства компании ASG (Италия) достигает 103 A/mm^2 в магнитном поле 3 Tл при температуре $4,2\text{ K}$.

Считается, что легирование способствует повышению критических свойств, в том числе J_c . J_c проводников, легированных углеродом, достигает $2 \cdot 10^3\text{ A/mm}^2$ при тех же условиях. Рост плотности критического тока при легировании связан с увеличением количества центров пиннингов флюксоидов (квантов магнитного потока), а также силы пиннинга.

В настоящей работе приведены результаты исследования сверхпроводящего соединения MgB_2 с легирующей добавкой в виде нанодисперсного порошка Dy_2O_3 [3], полученного в АО «ВНИИНМ». Для определения оптимальных условий синтеза сверхпроводящего соединения термообработку проводили при разных режимах. С помощью сканирующей электронной микроскопии и рентгенофазового анализа изучали структуру полученного соединения. Методом PIT получали сверхпроводник на основе легированного соединения MgB_2 диаметром 1 мм . Для увеличения связности зёрен проводили термообработку при разных условиях. Микроструктуру порошковой сердцевинки изучали методами оптической и электронной микроскопии.

Для определения температуры перехода в сверхпроводящее состояние (T_c) использовали стандартный резистивный метод [4], в соответствии с которым фиксируется появление нормального электрического сопротивления образца между потенциальными контактами при увеличении температуры до критической.

В результате работы были определены оптимальные условия синтеза легированного сверхпроводящего соединения MgB_2 для дальнейшего использования порошка при изготовлении сверхпроводников. А также определены оптимальные условия финальной термообработки полученных сверхпроводников. Считается, что легирующие добавки, такие как оксиды редкоземельных металлов способствуют деградации сверхпроводящих свойств, что проявляется в снижении T_c , что в настоящей работе не подтвердилось.

Список используемых источников:

1. J. Nagamatsu, N. Nakagawa, T. Muranaka, Y. Zenitani, J. Akimitsu. Nature 410, 63 (2001)
2. Волков Э.П., Костюк В.В., Карпышев А.В., Фирсов В.П. // Изв. РАН. Энергетика. 2011. № 1. С. 3–6.

3. Li W, Kang J, Fu S, Hu Y, Hu P, Zhu M, Li Y, Rare earth doping effects on superconducting properties of MgB₂: A Review, *Journal of Rare Earths* (2018), doi: 10.1016/j.jre.2018.05.010
4. МЭК (IEC) 61788-10 — Critical Temperature of Composite Superconductors by a Resistance Method.

Сверхпроводящие ондуляторы для генерации синхротронного излучения, разрабатываемые в ИЯФ СО РАН

Казанцев Ф.П.

Научный руководитель — доцент, д.ф.-м.н. Мезенцев Н.А.

ИЯФ СО РАН, Новосибирск

Одним из перспективных направлений в области авиастроения является технология лазерной сварки, позволяющая значительно ускорить процесс сборки летательного аппарата, а также снизить его массу. Эта, а также другие технологии соединения и обработки материалов требуют серьёзного контроля качества поверхности и внутренней структуры выходных изделий.

В то же время, в физике ускорителей заряженных частиц огромный путь прошло направление синхротронного излучения (СИ): создаются все более яркие источники, совершенствуются технологии их изготовления. СИ характеризуется высокой яркостью и широким возможным диапазоном длин волн, как правило, в рентгеновском диапазоне. Это дает возможность проводить детальный анализ различных материалов, исследуя их поверхность, фазовый состав, микро- и макроструктуру.

В Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН (г. Новосибирск) разрабатываются и изготавливаются специализированные источники СИ — сверхпроводящие вигглеры и ондуляторы [1]. Развитие этого направления в свое время привело к мировому лидерству в изготовлении таких устройств — были построены и продолжают совершенствоваться машины с рекордными сочетаниями спектра и мощности излучения, были заключены и выполнены многочисленные контракты с ускорительными установками по всему миру. В настоящее время ИЯФ СО РАН разрабатывает и изготавливает сверхпроводящие вигглеры и ондуляторы для нового синхротронного центра «СКИФ» (Новосибирская обл., р.п. Кольцово) [2].

Ондулятор, равно как и вигглер, представляет из себя многополосную магнитную структуру, которая заставляет пучок заряженных частиц двигаться по траектории, близкой к синусоидальной. При движении по такой траектории ступок генерирует излучение, которое называется синхротронным. Ондулятор отличается от вигглера тем, что максимальный угол отклонения траектории пучка заряженных частиц сопоставим с углом его естественного расхождения ($1/\gamma$). Из-за этого возникает эффект интерференции излучения от отдельных полюсов, энергия излучения при этом перераспределяется по гармоникам с высокой интенсивностью, в отличие от вигглера, где такой эффект выражен гораздо слабее. Также ондуляторное излучение обладает свойством пространственной когерентности. Условием появления интерференции является высокая точность изготовления магнитной структуры ондулятора, около 10 мкм при общих размерах структуры порядка 2 метров.

Критерием «качества» ондулятора является величина фазовой ошибки, которая должна быть менее 3 градусов. Фазовая ошибка характеризует неоднородность амплитуд магнитного поля отдельных полюсов, что приводит к «замыванию» пиков излучения. В ИЯФе был разработан метод коррекции фазовой ошибки ондулятора путем ввода дополнительной группы токов в группы катушек, а также алгоритм для расчета их величин. Такая коррекция позволяет «улучшить» спектр уже изготовленного ондулятора, не прибегая к, как правило, крайне трудо- и времязатратным операциям по доводке магнитной структуры.

Был изготовлен полноразмерный прототип ондулятора для двух станций первой очереди «СКИФ» с периодом магнитной структуры 15.6 мм и магнитным полем 1.2 Тл. Изначальная фазовая ошибка в нем равнялась 8 градусам, однако, с помощью коррекции, её удалось снизить до 2.5-3 градусов. Яркость излучения при этом выросла в 5-10 раз, в зависимости от

номера гармоники. Стоит отметить, что такое сочетание малого периода и большой амплитуды магнитного поля является рекордным среди всех ондуляторов, когда-либо построенных в мире.

Отдельно необходимо выделить задачу магнитных измерений. Вопрос о точных измерениях структуры магнитного поля в ондуляторах стоит остро, ввиду высоких требований к ней. В настоящее время основные измерения проводятся методом сканирования датчиком Холла. Этот метод дает хорошую точность измерений, однако с ним связан ряд проблем. Стоит отметить тенденцию уменьшения вертикального зазора между полюсами в новых и будущих ондуляторах. В обозримом будущем это может привести к невозможности разместить каретку с датчиком Холла. Альтернатива — методы на основе натянутой проволоки [3]. Эти методы сейчас не могут использоваться как полноценная замена датчику Холла, ввиду нерешенных трудностей с получением качественных данных, однако они обладают двумя преимуществами — возможность размещения в узком вертикальном зазоре ондулятора, а также очень высокая скорость получения данных. Время единичного измерения проволокой составляет примерно 2 секунды, когда как Холлу требуется примерно 1 час на одно сканирование. Тем не менее, измерения с проволокой по точности приблизились к сканированиям датчиком Холла, проигрывая им менее одного порядка.

В результате проделанной работы был оптимизирован режим работы ондулятора для увеличения яркости излучения. Разрабатывается ПО для более эффективной настройки ондулятора с помощью быстрых магнитных измерений на основе натянутой проволоки.

Список используемых источников:

1. V.A.Shkaruba, A.V.Bragin, A.A.Volkov, A.I.Erokhin, A.V.Zorin, V.Kh.Lev, N.A.Mezentsev, A.N.Safronov, V.M.Syrovatin, O.A.Tarasenko, S.V.Khrushchev, V.M.Tsukanov, Superconducting multipole wigglers for generating synchrotron radiation at the Budker Institute of Nuclear Physics. Physics of Particles and Nuclei Letters, 2020, Vol. 17, No. 4, pp. 542–547

2. Е. Б. Левичев, А. Н. Журавлев, К. В. Золотарев, Я. В. Зубавичус, К. И. Шефер. Проект создания синхротронного источника поколения 4+ ЦКП «СКИФ» в р.п. Кольцово Новосибирской области: общая информация и статус реализации: Электронный сборник статей. Новосибирск. — 2022. 1 Т. С. 5–12.

3. F. Kazantsev and P. Kanonik, Pulsed wire field measurements of 38-period superconducting undulator prototype. AIP Conference Proceedings, Vol. 2299, p. 020015, 2020)

Сравнительный анализ прямого и бесконтактного способов наведения тока в сверхпроводниковых замкнутых обмотках

Кузнецов Б.Ф.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Соловьев И.И.

С(А)ФУ им. М.В. Ломоносова, Архангельск

Сверхпроводниковые замкнутые обмотки используются для создания сильных магнитных полей. В состоянии сверхпроводимости такие обмотки имеют нулевое активное сопротивление, поэтому наведённый в них постоянный ток может циркулировать бесконечно долгое время, а его величина ограничена значением критической индукции магнитного поля, выводящего сверхпроводник из сверхпроводящего состояния. Значение критического тока, который можно навести в сверхпроводящей замкнутой обмотке, не нарушив при этом сверхпроводимость, зависит от типа сверхпроводника, его структуры [1], температуры хладагента, количества витков в обмотке и внешнего магнитного поля [2]. Для сверхпроводников второго рода критический ток ВТСП ленты достигает значений свыше 100А.

В настоящее время сверхпроводящие замкнутые обмотки используются для создания магнитного поля в МРТ-аппаратах, электрических машинах (в авиации, электроэнергетике, космической отрасли), в качестве накопителей энергии, в научных лабораториях.

Известны два способа наведения тока в сверхпроводниковой замкнутой обмотке — прямой (от внешнего источника тока) [1] и бесконтактный — «накачка потока» (flux pumping) [3].

Прямой способ наведения тока осуществляется следующим образом: внешний источник тока токовводами подключается к концам предварительно выведенного из сверхпроводящего состояния участка обмотки. Наличие контактного соединения сверхпроводник — токоввод приводит к нагреву (обусловленному переходным сопротивлением контакта, нагревом токоввода, теплопередачей из внешней среды) участка сверхпроводящей ленты в зоне контакта, сопровождающегося испарением хладагента, локальной потерей сверхпроводимости, и, при чрезмерном нагреве, повреждением сверхпроводника. Различие коэффициентов температурного расширения материалов контактного соединения обуславливает возникновение механических напряжений в контактной зоне при изменении температуры контакта и так же может вызвать повреждение сверхпроводника. Величина наводимого в обмотке тока ограничена током источника.

Бесконтактный способ наведения тока в сверхпроводниковой обмотке лишён всех перечисленных выше недостатков. ЭДС на участке сверхпроводника наводится под воздействием внешнего переменного синусоидального магнитного поля, проекция вектора магнитной индукции которого на ось, перпендикулярную плоскости сверхпроводника, всегда направлена в одну сторону. Такое поле можно создать, например, при вращении вала с полюсами из однонаправленных постоянных магнитов в плоскости, нормальной направлению тока в ленте. Пронизывая ВТСП провод, «волна» магнитного поля наводит в обмотке ток «накачки» согласный или встречный циркулирующему току в обмотке в зависимости от направления вращения вала.

Бесконтактный способ наведения тока сложно реализуем на практике из-за наличия внешних магнитных полей в электротехнических устройствах. В настоящее время вращающееся устройство с постоянными магнитами заменяют каскадом поочередно переключаемых обмоток.

В данном исследовании авторами были разработаны математические модели для изучения рассмотренных способов наведения тока в сверхпроводниковой обмотке с целью дальнейшей их реализации в системе возбуждения сверхпроводникового электрогенератора мощностью 5МВт.

Список используемых источников:

1. Kuznetsov, B. F. Investigation of superconducting closed winding parametric dependences on contact resistance / B. F. Kuznetsov, I. I. Solovov, E. A. Pavlovich // Proceedings of the 2022 4th International Youth Conference REEPE 2022 : 4, Moscow, March 17-19, 2022. — Moscow, 2022. — DOI 10.1109/REEPE53907.2022.9731483.
2. Кузнецов, Б. Ф. Анализ влияния собственного магнитного поля сверхпроводящей обмотки возбуждения синхронного электрогенератора на критический ток / Б. Ф. Кузнецов, И. И. Соловьев // Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии : Материалы Международной научно-технической конференции, Иваново, 31 мая — 02 2023 года. Том 3. — Иваново: ИГЭУ им. В.И. Ленина, 2023. — С. 230—234.
3. B. Shen, Y. Öztürk, J. Yang and T. Coombs, "Soldering Technique for the Ultra Low Resistance for a kA Level HTS Flux Pump," 2020 IEEE International Conference on ASEMD, Tianjin, China, 2020, pp. 1-2, doi: 10.1109/ASEMD49065.2020.9276326.

Полностью сверхпроводниковые электрические машины для транспортных систем

Малевич Н.А.

Научный руководитель — к.т.н. Иванов Н.С.

МАИ, Москва

Проект направлен на исследование и разработку высокотемпературных сверхпроводящих электрических машин, которые являются частью гибридных силовых установок для использования в транспортной отрасли. Электрификация транспортного сектора является

ключевым направлением развития транспорта во всем мире, так как имеет множество преимуществ, связанных с сокращением вредных выбросов, повышением топливной экономичности и снижением зависимости от углеводородного топлива.

Процесс электрификации транспорта предполагает замену двигателей внутреннего сгорания электродвигателями или гибридными системами, использующими электрические машины в качестве источников энергии и силовых установок. Однако переход на электротранспорт требует преодоления технологических и научных проблем, которые препятствуют этому процессу. В настоящее время разработка крупного и полностью электрического транспорта является сложной задачей из-за малых удельных мощностей традиционных электрических машин. Высокие энергетические характеристики могут быть достигнуты за счет перехода от традиционных электрических машин к сверхпроводящим с использованием передовых технологий.

Основной целью данного проекта является разработка методов расчета и проектирования сверхпроводящих электрических машин с высокой удельной мощностью.

В результате обзора транспортных систем получены исходные данные для электрических машин в их составе. При этом учитываются ограничения, существующие в каждой области. Чтобы продемонстрировать увеличение удельных характеристик при переходе к полностью сверхпроводящим электрическим машинам, проведены расчеты по аналогии с перспективными глобальными проектами. В результате спроектированы электрические машины с более высокой удельной мощностью, чем в оригинальных конструкциях.

Поскольку рассчитанные машины полностью сверхпроводящие, важно учитывать потери переменного тока в обмотках ВТСП. Для изучения этих потерь изготовлен и испытан ВТСП генератор погружного типа мощностью 1200 Вт с охлаждением жидким азотом. В ходе этих испытаний получены данные для расчета потерь ВТСП.

Керамические мишени для изготовления ВТСП-проводников методом PLD под проект ТРТ

Мальцева М.В., Дергунова Е.А., Лукьянов П.А.
Научный руководитель — к.т.н. Абдуханов И.М.
АО «ВНИИНМ», Москва

В настоящее время высокотемпературные сверхпроводники (ВТСП) представляют большой интерес для многих исследователей из-за высокой критической температуры сверхпроводящего перехода (T_c) и возможности создания на их основе более высоких магнитных полей, чем на основе низкотемпературных сверхпроводников (НТСП). Кроме того, высокие значения T_c позволяют использовать их при температурах кипения жидких азота (77 К) и водорода (20 К), в отличие от НТСП, которые переходят в сверхпроводящее состояние при $T_{кип}$ дорогостоящего гелия (4,2 К).

Развитие технологии изготовления ВТСП лент 2-го поколения позволит масштабировать их производство и создать на их основе магнитную систему для удержания плазмы — токамака с реакторными технологиями (ТРТ) [1].

ВТСП-2 представляют собой сложные многослойные структуры, состоящие из ленты подложки, буферных слоев, сверхпроводящего слоя из ВТСП керамики, защитного из серебра и стабилизирующего покрытия из меди.

Основным методом получения сверхпроводящего слоя в таких композитах является метод импульсного лазерного осаждения (PLD). Исходным материалом для PLD служат керамические мишени, изготовленные из смешанных оксидов редкоземельного элемента (РЗЭ), бария и меди ($RBa_2Cu_3O_{7-x}$, где R — РЗЭ) [2]. Химический состав мишени определяется техническими требованиями к сверхпроводнику, а именно рабочими диапазонами магнитных полей и температур.

Для получения керамических мишеней бариевых купратов РЗЭ используется метод твердофазного синтеза, основными преимуществами которого являются простота и

дешевизна процесса. Однако у него есть существенный недостаток — низкая степень однородности.

В АО «ВНИИНМ» разработана опытная технология получения порошкового прекурсора для керамических мишеней методом оксалатного соосаждения из азотнокислых растворов, которая позволяет получать однородные порошки и легко варьировать химический состав изделий [3]. В данной работе рассмотрен процесс синтеза порошков бариевых купратов РЗЭ, из которых были изготовлены мишени с высокой гомогенностью различного химического состава и плотностью 88-95% от теоретической. Они были использованы для изготовления экспериментальных образцов ВТСП-2 лент шириной 4 мм.

Измерения показали, что полученные ВТСП-ленты достигают критической плотности тока 300 А/см^2 при 77 К в 0 Тл, что соответствует лучшим мировым образцам.

Список используемых источников:

1. Красильников А.В., Коновалов С.В., Бондарчук Э.Н. и др. Токамак с реакторными технологиями (TRT): концепция, миссии, основные особенности и ожидаемые характеристики // Физика плазмы. 2021. Т. 47. № 11. С. 970–985.
2. Дегунова Е.А., Раков Д.Н., Борисов А.В. и др. Материаловедение сверхпроводников на основе ВТСП, дигирида магния и пниктидов. М.: НИЯУ МИФИ, 2019. 100 с.
3. Белотелова Ю.Н., Раков Д.Н., Коновалов П.В. и др. Получение порошковых прекурсоров и керамических мишеней для производства высокотемпературных сверхпроводников // Вопросы атомной науки и техники. 2022. Т. 5. № 116. С. 20–27.

Переходные процессы в композитных ВТСП лентах под действием токовых импульсных нагрузок

Малявина А.Ю., Михайлов А.А., Мартиросян И.В.

Научный руководитель — д.ф.-м.н. Покровский С.В.

НИЯУ МИФИ, Москва

Высокотемпературные сверхпроводники (ВТСП) используются в системах передачи, накопления и распространения энергии [1]. Создание термоиндуцированных динамических состояний, приводящих к переходу сверхпроводника в нормальное состояние, позволяет применять ВТСП ленты в таких устройствах, как ограничители тока [2] и ВТСП переключатели [3]. Однако, для работы таких устройств, необходимо чтобы многократное переключение образца из сверхпроводящего состояния в нормальное, происходило быстро и не приводило к его деградации.

В данной работе проводилось исследование ВТСП образцов при помощи импульсом миллисекундной (мс) и микросекундой (мкс) длительности. В качестве образцов, использовалась композитная ВТСП лента REBCO производства компании «С-Инновации» шириной 4 мм. Критическая температура таких ВТСП лент равна 92 К, критический ток образцов составлял от 120 до 145 А. Измерения проводились в среде жидкого азота. Представлены результаты исследования поведения ВТСП композитов при протекании импульсов тока с амплитудой от 0.8 Ic до 2.2 Ic и временем нарастания тока от 1 мкс до 50 мс. Полученные экспериментальные данные при мс токовом воздействии свидетельствуют о существовании устойчивого режима переключения сверхпроводника в нормальное состояние при амплитуде тока порядка 1.3 Ic. Также, из экспериментальных данных было показано наличие задержки появления напряжения от начала импульса тока, которая уменьшается с ростом амплитуды токового импульса. Неустойчивый режим переключения, возникающий при транспортном токе выше 1.7 Ic приводит к неконтролируемому росту напряжения и дальнейшему перегоранию образца. Наблюдается два режима работы коммутлирующего элемента — режим течения потока и резистивный режимы. При воздействии импульсами тока микросекундной длительности возникает три режима переключения. При амплитудах транспортного тока до $\sim 1.8 \text{ Ic}$ наблюдается низкоомный режим напряжения или, так называемый, режим течения потока. Другой линейный режим переключения, определяемый как омический, начинается при амплитудах тока выше $\sim 2 \text{ Ic}$. Между эти двумя режимами

находится область в которой наблюдается устойчивое переключение. При этом деградации образца в ходе эксперимента не наблюдалось.

Для анализа управляемого переключения и возможности управления процессами переключения ВТСП композитов была разработана модель коммутирующего устройства для управления параметрами питания цепи. Для верификации построенной модели использовались экспериментальные данные.

На основе разработанной модели был проведен анализ переходных процессов при подаче многократных импульсов тока. Определение значений тока и напряжения характерных для этой области ВТСП образца позволяют разрабатывать коммутирующее устройство на основе данной ВТСП ленты.

Работа выполнена в рамках Госзадания (проект FSWU-2022-0013) при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ

Список используемых источников:

1. J. X. Jin et al., "HTS Power Devices and Systems: Principles, Characteristics, Performance, and Efficiency," // IEEE Transactions on Applied Superconductivity, vol. 26, no. 7, pp. 1-26, 2016
2. N. Riva, F. Sirois, C. Lacroix, W. T. B. de Sousa, B. Dutoit, and F. Grilli, "Resistivity of REBCO tapes in overcritical current regime: impact on superconducting fault current limiter modeling," // Superconductor Science and Technology, vol. 33, no. 11, p. 114008, 2020
3. P. C. Michael, T. Qu, J. Voccio, J. Bascuñán, S. Hahn, and Y. Iwasa, "A REBCO Persistent-Current Switch (PCS): Test Results and Switch Heater Performance," // IEEE Transactions on Applied Superconductivity, vol. 27, no. 4, pp. 1-5, 2017.

Моделирование процесса зарядки, хранения энергии и разрядки в сверхпроводниковом индукционном накопителе энергии

Назаров Н.Ф.

Научный руководитель — Кузнецов Б.Ф.

С(А)ФУ им. М.В. Ломоносова, Архангельск

Одним из ключевых направлений в мировой энергетике на сегодняшний день является развитие систем накопления энергии. Различают аккумулирующие устройства продолжительного хранения энергии — электрохимические Li-ion аккумуляторы, водородные накопители энергии и гидроаккумулирующие станции, и устройства для кратковременного хранения и быстрой выдачи энергии, компенсирующие колебания в сети — кинетические накопители энергии, суперконденсаторы и сверхпроводниковые индукционные накопители энергии [1]. Они служат для повышения качества и надёжности электроснабжения.

Сверхпроводниковый индукционный накопитель энергии вследствие таких преимуществ как высокая удельная мощность и удельная объёмная энергоёмкость, высокая скорость зарядки и разрядки, а также отсутствие вреда для окружающей среды в процессе работы может быть использован в электросетях как самостоятельный накопитель энергии или вспомогательное устройство в системе с традиционными аккумуляторами. Это позволяет быстро запасти энергию во время её переизбытка в сети и выдать в период дефицита, тем самым повышая статическую и динамическую устойчивость энергосистемы.

Для изучения процессов, возникающих в работе индукционного накопителя энергии, в программной среде MatLab/Simulink разработана упрощённая математическая модель сверхпроводникового индукционного накопителя энергии. Она представляет собой схему замещения обмотки накопителя, состоящей из индуктивности и переменного сопротивления сверхпроводника. Подключённые к ней активная нагрузка и источник постоянного ЭДС, а также система коммутационных аппаратов позволяют проводить расчёт параметров режимов отключения обмотки от источника питания (прекращение зарядки), замыкания индуктивности для хранения энергии и размыкания с переключением на нагрузку, имитирующего процесс разряда накопителя.

Для создания математической модели накопителя энергии были использованы параметры сверхпроводниковой ленты второго поколения производства SuperOx с критической температурой сверхпроводимости 90К. Ширина ленты от 4 до 12 мм, критический ток при температуре жидкого азота (77,5 К) составляет в зависимости от ширины ленты 100–700 А. Эмпирическая зависимость параметров величины критического тока сверхпроводника, критической температуры и критического внешнего магнитного поля сверхпроводниковой ленты была получена экспериментально университетом Виктории в Веллингтоне для исследуемой ВТСП-ленты [2]. Она показывает взаимосвязь всех параметров сверхпроводника. На основе данной зависимости создана подсистема математической модели, которая определяет сопротивление сверхпроводниковой ленты. Сопротивление в состоянии сверхпроводимости равно нулю, а в нормальном состоянии определяется сопротивлением медного и серебряного слоя, из которых состоит лента. Переключение между нормальным и сверхпроводящим состоянием определяется исходя из измерений тока, магнитного поля [2]. Данная подсистема была дополнена учётом нагрева металлических слоёв ленты при выходе из состояния сверхпроводимости на основе удельной теплоёмкости меди и серебра с поправкой по температурному коэффициенту. Фактор нагрева ленты может препятствовать возвращению в состояние сверхпроводимости либо привести к утрате свойств сверхпроводящего слоя. Расчёт индуктивности накопителя произведён на основе геометрических параметров катушки.

Данная модель позволяет произвести вычисление критического тока для катушек индуктивности различных конфигураций, рассчитать параметры режимов разрядки, зарядки, произвести оценку мощности накопителя, времени хранения энергии. Так же возможен расчёт сценария, при котором ток накопителя превышает критический, происходит нарушение состояния сверхпроводимости и нагрев обмоток вследствие высвободившейся накопленной энергии. Такой сценарий позволяет рассчитать аварийный режим работы обмотки и возвращение в состояние сверхпроводимости вследствие снижения тока и охлаждения в среде жидкого азота.

Моделирование процессов работы накопителя в нормальных и аварийных режимах в дальнейшем позволит разработать систему контроля заряда, режима хранения и разряда устройства, а также рассчитывать необходимые параметры для конструирования прототипа устройства.

Список используемых источников:

1. Кушенко, Е. А. Анализ режимов работы мотор-генератора с использованием высокотемпературных сверхпроводников для кинетического накопителя энергии / Е. А. Кушенко // Энергия Арктики — 2022: Сборник материалов — Архангельск: ООО «КИРА», 2023. — С. 110–114.
2. Кузнецов, Б. Ф. Разработка математической модели сверхпроводящей обмотки возбуждения синхронной электрической машины в MatLab/Simulink / Б. Ф. Кузнецов // Гагаринские чтения — 2023: Сборник тезисов докладов XLIX Международной молодежной научной конференции, Москва, 11–14 апреля 2023 года. — М: Издательство «Перо», 2023. — С. 367–368.

Место сверхпроводимости и силовой криоэлектроники в энергетике будущего: распределенная энергия и водородный транспорт

Остапчук М.А.

Научный руководитель — к.т.н. Шишов Д.М.

МАИ, Москва

Энергетика сегодня претерпевает существенные изменения. Стратегии большинства развитых и развивающихся стран в условиях ограниченности классических энергоносителей подразумевают повышение экологичности энергосистем. Обобщив можно свести современные тенденции в программах развития энергетической политики государств к четырем пунктам: энергоэффективность, декарбонизация, децентрализация (переход к т.н.

«распределенной энергетике») и диджитализация [1]. В этой связи многие связывают энергетику и транспорт будущего с водородом.

Водород как энергоноситель — тренд связанный с уменьшением углеродного следа. Однако технологии производства сжиженного водорода экономически намного более затратны чем технологии производства классических видов топлива, в том числе дизель [2]. При этом водород является более требовательным к безопасности видом топлива и требует дополнительных технологических решений в задачах хранения и транспортировки. Это связано также с крайне малой плотностью сжиженного водорода, из-за чего равная полезная энергия потребует от водородных баков большую емкость. С другой стороны водород имеет крайне высокую удельную к массе плотность энергии.

Такие особенности делают целесообразными внедрения водородных элементов прежде всего в водном транспорте, где масса топлива может существенно влиять на водоизмещение. Вместе с тем, хранение водорода в криогенном виде можно использовать для охлаждения сверхпроводниковых двигателей, питающихся от водородного топливного элемента. Таким образом возможно достичь снижения стоимости эксплуатации с учетом стоимости топлива за счет меньшего расхода, большей энергоэффективности силовой установки. Преобразовательная силовая криоэлектроника может служить источником тепла для придания водороду температуры необходимой для работы в качестве топлива [3].

Еще одним потенциальным применением сверхпроводимости с силовой криоэлектроникой является распределенная энергосеть. Сверхпроводники являются достаточно конкурентоспособными претендентами на использование в процессах распределения и хранения больших объемов энергии практически без потерь, сохраняя при этом минимальную среди всех альтернатив массу и габариты.

В случае освоения технологии термоядерного синтеза сверхпроводники также станут неотъемлемой частью наиболее мощных установок по генерации энергии. В каждом из приведенных сверхпроводниковых устройствах силовая криоэлектроника может использоваться для увеличения ресурса сверхпроводников из-за снижения пульсаций [4].

Таким образом сверхпроводимость и связанная с ней криоэлектроника будет занимать все более весомую часть в энергетике и водородном транспорте. Использование сверхпроводников позволит существенно сократить потери в двигателях и генераторах, криоэлектроника же позволит более эффективно нагревать сжиженный водород тем же самым повысив удельную емкость, энергоэффективность и качество электроэнергии.

Список используемых источников:

1. Попадько Н. В., Найденова В. М. Энергосбережение и повышение энергоэффективности как вектор развития мирового энергетического комплекса //Инновации и инвестиции. — 2020. — №. 5. — С. 91–95.
2. Mojarrad M., Farhoudian S., Mikheenko P. Superconductivity and hydrogen economy: A roadmap to synergy //Energies. — 2022. — Т. 15. — №. 17. — С. 6138.
3. Fan L., Tu Z., Chan S. H. Recent development of hydrogen and fuel cell technologies: A review //Energy Reports. — 2021. — Т. 7. — С. 8421–8446.
4. Ostapchuk M. et al. Research of Static and Dynamic Properties of Power Semiconductor Diodes at Low and Cryogenic Temperatures //Inventions. — 2022. — Т. 7. — №. 4. — С. 96.

Исследование изменения токовых характеристик ВТСП-лент после механических нагрузок

Преображенский И.И.

НИЦ Курчатовский институт, Москва

В настоящее время активно исследуют длинномерные высокотемпературные сверхпроводники второго поколения (ВТСП), которые представляют собой металлические ленты-подложки с эпитаксиально выращенным на них текстурированным слоем сверхпроводника [1]. Интерес к их использованию связан прежде всего в энергетике [2, 3]. В процессе компактирования и изготовления токонесущих элементов могут возникать различные механические деформации, которые могут привести к уменьшению значений

критического тока. В связи с этим, важным аспектом исследования является оценка влияния механических нагрузок на токовые свойства ВТСП-лент. Целью данной работы явилось исследование изменения токовых характеристик ВТСП лент методом холловской магнитометрии после приложения механических нагрузок.

Объектами исследования являлись медные и луженые ВТСП ленты. Толщина медных лент составляла 48 ± 1 мкм, а толщина луженых в среднем 70 мкм (от 61 до в некоторых местах 93 мкм). Механические испытания проводили с использованием испытательной машины «Instron 1195» с нагрузкой до 400 МПа с шагом 50 МПа. Для оценки захваченного магнитного поля ВТСП-образцов использовали холловский магнитометр.

В результате работы были получены зависимости критического тока ВТСП-лент второго поколения от приложенной к ним нормальной механической нагрузки. Было показано, что для луженых лент происходит более быстрая потеря тока, чем для не луженых, после приложения механических нагрузок. Полученные данные могут быть полезны при проектировании и изготовлении сверхпроводниковых устройств, таких как токонесящие элементы.

Работа проведена в рамках выполнения государственного задания НИЦ «Курчатовский институт».

Список используемых источников:

1. Е.З. Мейлихов. Структурные особенности ВТСП-керамик и их критический ток и вольтамперная характеристика. Успехи физических наук. 163(3). 27-54, 1993.
2. Z. Melhem. High temperature superconductors (HTS) for energy applications. Elsevier, 2011.
3. L. Rossi, S. Mariotto, and S. Sorti. Energy saving magnets for beam lines. In Journal of Physics: Conference Series. 2687(8). 082049, 2024.

Сверхпроводниковый синхронный генератор для гибридной авиационной силовой установки

Руссков Д.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Пенкин В.Т.
МАИ, Москва

Сверхпроводниковые синхронные генераторы разрабатываются с 1970-х годов в индустриально развитых странах, таких как США, ФРГ, Япония, Франция. Опыт подобных разработок имелся и в СССР. Первоначально интерес к таким конструкциям возник применительно к генераторам большой мощности для электростанций. В последствии сверхпроводниковые электрические машины стали разрабатываться для систем морского электродвижения, а также источников электроэнергии высокой мощности на борту летательных аппаратов для питания потребителей специального назначения [1].

Интенсивное развитие гражданской и транспортной авиации обусловило интерес к гибридным силовым установкам, в которых используется несколько видов энергии, что позволяет существенно снизить вредные выбросы газотурбинных авиадвигателей при взлете и посадке [2]. Вместе с тем, повышенное внимание уделяется нулевому выбросу в случае применения на борту водородного горючего, так как продуктом сгорания является чистый водяной пар. Хранение водорода на борту в виде криогенной жидкости с температурой кипения 20,3 К открывает возможности применения сверхпроводниковых электрических машин, как для генерирования электроэнергии, так и для электропривода двигателя (пропеллера или импеллера) [2, 3].

Негативным фактором применения гибридной силовой установки для аэроэлектродвижения самолета является введение помимо газотурбинного авиадвигателя дополнительных агрегатов, масса которых при заданной тяге снижает удельную мощность установки и увеличивает расход топлива. Снизить это негативное влияние можно за счет применения сверхпроводниковых технологий в схеме: «газотурбинный двигатель-синхронный генератор-кабель-электродвигатели-двигатели». Водородное горючее в жидкой фазе используется для охлаждения сверхпроводниковых обмоток генератора, электродвигателей и сверхпроводящего кабеля с последующим сжиганием в камере сгорания

турбовального авиадвигателя, не создающего реактивной тяги и лишь обеспечивающего вращающий момент для привода ротора генератора.

Данная работа посвящена разработке синхронного генератора с обмотками из ВТСП-лент первого поколения. Генератор не имеет магнитопроводов на статоре и роторе. Внешний экран также отсутствует для снижения массы агрегата. Электромагнитная совместимость генератора с авионикой летательного аппарата обеспечивается размещением двух турбогенераторных агрегатов на базе авиационного двигателя ВК-650В, имеющих компоновку по типу вспомогательной силовой установки, на консолях дельтавидного фюзеляжа (летающее крыло). Таким образом, сильное магнитное поле от сверхпроводникового индуктора генератора рассеивается в окружающем пространстве.

В качестве сверхпроводящего материала обмоток генератора и электродвигателей рассматриваются многожильные ВТСП ленты первого поколения производства фирмы SUMITOMO (Япония), поскольку производство таких лент во ВНИИ неорганических материалов им. А.А. Бочвара (Москва, РФ) временно прекращено. ВТСП ленты второго поколения, производимые в РФ фирмой СуперОкс, несмотря на свою привлекательность, представляют многослойную структуру, расслаивающуюся в сильных магнитных полях.

Ожидается, что применение ВТСП лент первого поколения позволит достичь удельной мощности генератора ~ 10 кВт/кг.

Относительной эксплуатационной проблемой является время захлаживания криогенного тракта до температуры кипения горючего и, соответственно, увеличение длительности предполетной подготовки.

Список используемых источников:

1. В.Т. Пенкин, К.Л. Ковалев. Синхронные электрические машины с композитными и объемными сверхпроводниками для транспортных систем.—М.: Издательство МАИ. 2018. — 216с. ISBN 978-5-4316-0527-7.
2. Luongo C A et al 2009 Next Generation More-Electric Aircraft: A Potential Application For HTS Superconductors IEEE Trans. Appl. Supercond. 19 3 1055-68.
3. Kuruba S Haran et al 2017 High power density superconducting rotating machines—development status and technology roadmap Supercond. Sci. Technol. 30 123002.

Сверхпроводящие вигглеры для генерации синхротронного излучения, разработанные в ИЯФ СО РАН

Седов А.А.

Научный руководитель — д.ф-м.н. Мезенцев Н.А.

ИЯФ СО РАН, Новосибирск

Синхротронное излучение (СИ) — излучение, генерируемое при прохождении пучка заряженных частиц через магнитное поле, является одним из уникальных инструментов для исследований свойств вещества. Характерными особенностями источников СИ является высокая яркость излучения и широкий диапазон длин волн от радиоволн до жесткого рентгена. Изучение и создание специализированных источников СИ для его экспериментального применения ведется уже на протяжении нескольких десятилетий [1], таким образом, в наши дни СИ используется во множестве различных производственных секторов, включая создание авиационно-космической техники [2]. На источниках СИ 3 поколения и выше для генерации излучения используются специальные «вставные устройства», которые представляют собой многополюсную систему знакопеременных магнитов, установленных в прямолинейных участках накопительного кольца ускорителя.

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера является одним из лидеров по производству сверхпроводящих вставных устройств для генерации СИ, таких как вигглеры и ондуляторы [3]. Созданные в ИЯФ вставные устройства установлены на многие накопители по всему миру. В настоящий момент в ИЯФ ведется разработка вставных устройств для нового синхротронного центра Сибирский кольцевой источник фотонов (СКИФ).

Планируется, что СКИФ будет работать на энергии 3 ГэВ и с горизонтальным натуральным эмиттансом в $75 \text{ пм} \cdot \text{рад.}$, генерируя синхротронное излучение с предельной яркостью в диапазоне от 100 эВ до 100 кэВ для 30 различных экспериментальных станций [4]. Из 30 планируемых станций в первой очереди строительства источника предполагается ввести в эксплуатацию 6 станций, среди которых станция 1-3 «Быстропротекающие процессы» и станция 1-5 «Диагностика в высокоэнергетическом рентгеновском диапазоне», которые будут использовать в качестве источника излучения сверхпроводящие вигглеры.

В результате проделанной работы были собраны и испытаны 144-полосный сверхпроводящий вигглер с периодом 27 мм и уровнем магнитного поля 2,7 Тл и 36-полосный сверхпроводящий вигглер с периодом 48 мм и уровнем магнитного поля 4,5 Тл. Для этого были выполнены следующие задачи:

Оптимизированы параметры магнитной структуры вставных устройств. Рассчитаны оптимальные параметры основных сверхпроводящих полюсов, сделан подробный численный анализ магнитного поля, включая оптимизацию параметров краевых полюсов $\frac{3}{4}$ и $\frac{1}{4}$, с целью зануления первого и второго интеграла поля для предотвращения искажения орбиты вне вставных устройств.

Проведены аналитические оценки влияния сверхпроводящих вигглеров на пучок в приближении бесконечных плоскопараллельных по горизонтали полюсов. Теоретические исследования включали возмущение линейной оптики и изменение радиационных параметров кольца с включенным на рабочее поле вигглером.

Рассчитаны следующие параметры синхротронного излучения из данных вставных устройств: спектрально-угловое распределение потока фотонов из вигглера, угловое распределение мощности излучения и размер источника.

Проведено испытание 144-полосного и 36-полосного магнитов в погружном криостате, а также сравнение теоретических расчетных и измеренных магнитных полей. Подобрано соотношение токов для зануления интегралов при рабочем поле на оси.

Список используемых источников:

1. N. Marks. Synchrotron radiation projects of industrial interest // 6th European Particle Accelerator Conference, Stockholm, 1998
2. V. Stelmukh, L. Edwards and S. Ganguly, Full Stress Tensor Determination in a Textured Aerospace Aluminium Alloy Plate Using Synchrotron X-Ray Diffraction, Textures and Microstructures 35, No. 3/4, (2003), 175–183
3. V.A.Shkaruba, A.V.Bragin, A.A.Volkov, A.I.Erokhin, A.V.Zorin, V.Kh.Lev, N.A.Mezentsev, A.N.Safronov, V.M.Syrovatin, O.A.Taraseenko, S.V.Khrushchev, V.M.Tsukanov, Superconducting multipole wigglers for generating synchrotron radiation at the Budker Institute of Nuclear Physics. Physics of Particles and Nuclei Letters, 2020, Vol. 17, No. 4, pp. 542–547
4. Е. Б. Левичев, А. Н. Журавлев, К. В. Золотарев, Я. В. Зубавичус, К. И. Шефер. Проект создания синхротронного источника поколения 4+ ЦКП «СКИФ» в р.п. Кольцово Новосибирской области: общая информация и статус реализации: Электронный сборник статей. Новосибирск. — 2022. 1 Т. С. 5–12.

Микроструктура Nb₃Sn сверхпроводников, полученных методом «порошок в трубе»

Соболева Т.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Дергунова Е.А.

АО «ВНИИНМ»; РТУ МИРЭА, Москва

Сверхпроводники используются для создания сильных магнитных полей для крупных ускорителей элементарных частиц. Будущий Круговой Коллайдер (FCC), призванный вывести энергетический рубеж для физики высоких энергий на новый уровень, требует тысячи дипольных и квадрупольных магнитов на основе Nb₃Sn сверхпроводников с повышенной плотностью критического тока (J_c), более 1500 А/мм² в магнитном поле 16 Тл при температуре 4,2 К. Одним из способов повышения токонесущей способности Nb₃Sn

сверхпроводников является применение метода для их получения «порошок в трубе» или коротко — ПИТ [1–2].

Показано, что изменение состава структурных составляющих композиционных одноволоконных проводников на основе Nb_3Sn , которые состоят из медного чехла, внутреннего барьера из ниобиевого сплава и смеси порошков на основе олова, влияет на технологичность, фазообразование при реакционной термообработке (РТО) и электрофизические свойства изготовленных. При РТО олово из порошковой сердцевины диффундирует в ниобиевый сплав с образованием кольцевого слоя сверхпроводящей Nb_3Sn фазы [3].

В АО «ВНИИНМ» разработаны и изготовлены экспериментальные образцы сверхпроводников, отличающиеся использованием различных Nb сплавов для оболочки и смесей порошков для сердцевины. Полученные образцы отличаются составом ниобиевого барьера: образцы 1–3 введен 1мас. % Zr, а в 4–0,5 мас. % Zr. В порошковую сердцевину образца 1 введены Sn и Cu, а в 2 и 4, дополнительно SnO_2 , который является источником кислорода для образования наночастиц оксида циркония в процессе РТО. Образец 3 отличается наличием интерметаллида Cu_6Sn_5 .

В образцах диаметром 0,5 и 0,3 мм после РТО по двухступенчатому режиму образовался равномерный слой Nb_3Sn толщиной от 30 до 60 мкм. Часть оболочки из ниобиевого сплава не прореагировала и является барьером для предотвращения проникновения олова в медную стабилизацию.

Исследование микроструктуры сверхпроводящего слоя показало, что с увеличением содержания Zr с 0,5 до 1 мас. % средний размер зерна Nb_3Sn снижается от 110 до 96 нм. Наличие Zr и O привело к образованию частиц ZrO_2 в слое Nb_3Sn . Размер частиц варьируется от 10 до 50 нм.

Отмечено, что легирование как Nb оболочки, так и порошковой сердцевины приводит к измельчению зерна сверхпроводящего слоя, что благоприятно сказывается на повышении токонесущей способности готового проводника [4].

На основе полученных данных выявлена зависимость особенностей микроструктуры Nb_3Sn фазы от состава композита, и проведен расчет количества диоксида олова необходимого для получения частиц ZrO_2 , являющихся дополнительными центрами пиннинга флюксоидов.

Благодарности

Авторы благодарят ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН за помощь в части растровой и просвечивающей электронной микроскопии.

Список используемых источников:

1. Xu X., Peng X., Wan F., Rochester J., Bradford G., Jaroszynski J., Sumption M., APC Nb_3Sn superconductors based on internal oxidation of Nb-Ta-Hf alloys // *Supercond. Sci. Technol.* 2023. № 36. P. 035012.

2. Xu X., Rochester J., Peng X., Sumption M., Tomsic M. Ternary Nb_3Sn superconductors with artificial pinning centers and high upper critical fields // *Supercond. Sci. Technol.* 2019. № 32. P. 02LT01.

3. Материаловедение сверхпроводников на основе соединений A-15: Учебное пособие / Е.А. Дергунова, М.О. Курилкин, Р.Т. Алиев, Н.В. Коновалова. — М.: НИЯУ МИФИ, 2019. — 96 с. [Электронный ресурс.]

4. C Senatore, T Bagni, J Ferradas-Troitino, B Bordini and A Ballarino, Degradation of I_c due to residual stress in high-performance Nb_3Sn wires submitted to compressive transverse force. *Supercond. Sci. Technol.* 36 075001 (2023)

Направление №4 Информационно-телекоммуникационные технологии авиационных, ракетных и космических систем

Секция №4.1 Радиотехнические устройства и системы

Оценка воздействия дестабилизирующих факторов на характеристики РСА

Акимов А.А.

Научный руководитель — д.т.н. Ясенцев Д.А.

МАИ, Москва

Радиолокационные системы воздушной разведки позволяют осуществлять круглосуточное и всепогодное наблюдение наземной обстановки, что обеспечивается за счёт реализации режима синтезирования искусственной апертуры антенны. Режим синтезирования апертуры (радиолокатор с синтезированием апертуры, РСА) осуществляется за счёт длительного накопления отражённого от цели зондирующего сигнала с последующим когерентным его сжатием. Обеспечение высокого разрешения по дальности реализуется за счёт использования широкополосных зондирующих сигналов, а заданное разрешение по азимуту обуславливается узкополосной доплеровской фильтрацией при когерентном накоплении отражённого сигнала [1]. Однако при длительном когерентном накоплении отражённого сигнала существенную роль начинают играть различные дестабилизирующие факторы, и, в частности, траекторные неустойчивости. Возникают траекторные неустойчивости вследствие случайных отклонений линии пути фазового центра реальной антенны бортовой РЛС в процессе накопления сигнала от линии заданного пути. Данные отклонения обуславливаются воздействием возмущений атмосферы на летательный аппарат — носитель бортовой РЛС. Кроме того, источником подобных неустойчивостей может быть и случайное отклонение параметров силовой установки носителя и его системы управления от заданных. Немаловажную роль играет также и конечная точность навигационных датчиков, оценивающих текущие координаты носителя бортовой РЛС. С учётом работы бортовых РЛС в области высокочастотных электромагнитных колебаний (менее 10 см) влияние вышеуказанных дестабилизирующих факторов может привести к расфокусировке получаемого радиолокационного изображения. При этом борьба с данными неустойчивостями является одной из основных задач современных РСА.

Список используемых источников:

1. Антипов В. Н., Викентьев А. Ю., Колтышев Е. Е., Кондратенков Г. С., Лавров А. А., Фролов А. Ю., Янковский В. Т. Авиационные системы радиовидения. Монография / Под ред. Г. С. Кондратенкова. М.: Радиотехника, 2015.

Проектирование широкополосного дипольного излучателя диапазона UHF

Аникин Г.С.

Научный руководитель — Егоров В.В.

МАИ, Москва

Широкополосное согласование антенных систем (далее — АС) является одной из наиболее актуальных проблем в антенной технике. Это обусловлено, прежде всего, растущим количеством числа задач, связанных с работой с широкополосными сигналами (например, с линейно-частотно-модулированными или шумоподобными). Для эффективной передачи такого сигнала, очевидно, необходимо, чтобы антенна была согласована с фидерной линией и, в свою очередь, с выходным каскадом радиопередающего устройства во всей частотной полосе сигнала.

Широкополосное согласование преследует несколько целей, приведём основные из них: 1) передача в нагрузку максимальной мощности; 2) устранение влияния отражённой волны на радиопередающее устройство; 3) увеличение электрической прочности линии передачи. В литературе [1] приводятся несколько способов расширения полосы, основанных на применении частотных компенсаторов, плавных переходов и ступенчатых трансформаторов сопротивлений. Также распространены и согласующие устройства (СУ) на реактивных элементах. К недостаткам этих способов можно отнести, в первую очередь, снижение электрической прочности АС, а также усложнение конструкции.

Альтернативным подходом является построение вибраторов специальной формы, например, конических [3]. Они широкополосны как по КСВ, так и по диаграмме направленности, но требуют большого числа проводников. Из-за этого резко возрастают размеры такого излучателя.

В [2] был предложен метод расширения частотной полосы согласования укороченной вибраторной антенны, основанный на применении двух близко расположенных сильно связанных вибраторов. Рабочая полоса частот по уровню КСВ <2 составила около 22 % от центральной частоты диапазона.

В данной работе предлагается иной способ расширения рабочей полосы вибратора, не требующий применения сложных СУ. Подход основан на получении такой частотной зависимости входного комплексного сопротивления антенны, которую в рабочей полосе частот можно аппроксимировать полиномом Чебышёва 1 рода 3-5 порядка. Поскольку полином Чебышёва по определению есть функция, минимально отклоняющаяся от целевого параметра (в данном случае $50 + j0$ Ом) на некотором отрезке своего аргумента, удаётся добиться согласования в полосе $2\Delta f = 165$ МГц по уровню КСВ <2 при центральной частоте диапазона $f_0 = 450$ МГц, т.е. $2\Delta f = 0,4 * f_0$.

Список используемых источников:

1. Воскресенский Д.И., Гостюхин В.Л., Максимов В.М., Пономарёв Л.И. Устройства СВЧ и антенны // М.: Радиотехника, 2016.
2. Аникин Г.С., Егоров В.В. Материалы 18-ой международной молодёжной научно-технической конференции «Современные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций «РТ-2022»».
3. Айзенберг Г.З. Коротковолновые антенны // М.: Радио и связь, 1985

Выращивание СВЧ волноводов и волноводно-щелевых антенн на матрице

Бадаев П.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кондратьева С.Г.

МАИ, Москва

В настоящее время остро стоит вопрос изготовления единичных и опытных партий волноводов и волноводно-щелевых антенн. Благодаря использованию аддитивного подхода при изготовлении волноводов и антенн на различных матрицах, можно получить следующие преимущества:

1. Снижение расхода материала, вследствие отсутствия фрезерования и других операций субтрактивного производства.
2. Возможность использования матриц со сложной геометрий позволяет изготавливать сложные конструкции за меньшее число операций.
3. При использовании пластиковых матриц, изготавливаемых методом 3D-печати, появляется возможность быстрой корректировки конструкции и изготовления нескольких образцов, без существенного увеличения стоимости, а также низкая стоимость расходуемого материала.
4. Получаемые волноводы можно изготавливать различной толщины и тем самым регулировать итоговый вес изделия.
5. Возможность выращивания волновода сразу из требуемого металла, заменяя последующее покрытие при помощи гальванизации.

6. Отсутствие операций пайки готовых пластин и прочих операций сборки, что благоприятно влияет на точность изготовления изделия.

Таким образом, в данной работе производится способ выращивания волновода на различных матрицах. Благодаря скин-эффекту, толщина изготавливаемого волновода минимальна, для частот гигагерцового диапазона минимальная толщина измеряется в тысячных долях миллиметра, и практически необходимая толщина волновода, определяется прочностными, а не частотными характеристиками изготавливаемого прототипа.

Список используемых источников:

1. Воскресенский Д.И., Гостюхин В.Л., Максимов В.М., Пономарев Л.И. Устройства СВЧ и антенны. // Издательство: Радиотехника 2006.

2. Казначей Б.Я. Гальванопластика в промышленности. // Государственное издательство местной промышленности РСФСР 1955.

3. Бадаев П.А. Предварительное прототипирование СВЧ устройств с использованием аддитивных технологий. // XLIX Гагаринские чтения, 2023.

4. Бадаев П. А. Создание прототипов антенн и устройств-СВЧ, с использованием технологии гальванопластики и 3D-печати // Сборник трудов научно-исследовательских работ студентов МАИ. 2023. С. 12.

Анализ ошибок фильтрации траекторий движения воздушных объектов в двухпозиционной радиолокационной системе

Батищев В.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бруханский А.В.

МАИ, Москва

Использование многопозиционных радиолокационных систем обеспечивает ряд преимуществ перед однопозиционными: существенное повышение точности определения координат объектов, связанное с большей точностью дальномерных методов при большой базе по сравнению с дальномерно-целенгазационными, большая дальность обнаружения целей, изготавливаемых по стелс-технологии, лучшая помехозащищенность и выживаемость. Добавление дополнительных приёмных позиций при экстраполяции траекторий позволяет уменьшить зону неопределённости. Размеры этой зоны зависят от погрешности изменения дальности и угла места и азимута используемых позиций.

Однако стоит отметить, что получаемая выгода от добавления второй приёмной позиции зависит от пространственного расположения используемых приёмных позиций и способа обработки получаемой информации.

Предметом исследования являлся анализ особенностей использования двухпозиционной радиолокационной системы для решения задачи слежения за траекторией.

Для решения задачи была разработана математическая модель, позволяющая проводить обнаружение и фильтрацию отметок от цели, двигающейся по заданной траектории при использовании одной или двух приёмных позиций. Были проведены эксперименты с различными сценариями движения цели и различным расположением радиолокационных станций относительно друг друга.

Для оценки качества наблюдения рассматривались математическое ожидание ошибок по дальности, скорости, ускорению и дисперсию ошибки по дальности, скорости, ускорению. Величина ошибки находилась, как разница между истинным и фильтрованным значением. Для фильтрации значений приходящих от одной или двух станций использовался фильтр Калмана.

В результате проведенного моделирования, удалось установить, в каких ситуациях использование дополнительной позиции позволяет существенно улучшить точность обнаружения, а в каких получаемые улучшения невелики. Получены количественные зависимости качества фильтрации от расположения приёмных позиций в пространстве и модели движения наблюдаемой цели.

Список используемых источников:

1. Кузьмин С.З., Основы теории цифровой обработки радиолокационной информации, «Советское радио», 1967 — 427 с.
2. Коновалов А. А., Основы траекторной обработки радиолокационной информации, СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013 — 164 с.
3. Blackman S. Popoli R., Design and analysis of Modern Tracking Systems, Boston, Artech House, 1999 — 1230 p.

Разработка программного обеспечения для расчёта параметров антенн радионавигационных систем

Бондаренко А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Черепанов Д.А.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Антенна как самостоятельное устройство играет ключевую роль в обеспечении передачи и приёма сигналов радионавигационных систем. Она определяет потенциальные возможности радиотехнических систем, такие, например, как: дальность действия, точность определения координат, разрешающая способность, помехозащищённость, электромагнитная совместимость, скрытность, скорость обзора пространства и т.д. Поэтому правильный выбор типа антенны, оценка её реальных характеристик и свойств привели к необходимости автоматизации сложных расчётов, которые позволяют инженерам и разработчикам значительно ускорить процесс моделирования, проектирования и оптимизации антенных систем.

Основной проблемой в настоящее время для оперативного расчёта параметров антенн радионавигационных систем и их анализа является отсутствие специального программного обеспечения, способного быстро и качественно производить необходимые расчёты. Чаще всего такие программы являются продуктами зарубежной разработки, использование которых в настоящее время либо затратно, либо невозможно. Кроме того, такие программы разработаны с жёсткой привязкой к конкретным системам, из-за чего процессы замены или добавления других моделей РТС для анализа их взаимодействия друг с другом приводят к необходимости изменения исходного кода программ.

Для разработки данного ПО используется мощный и гибкий язык программирования, включающий |: себя возможности низкоуровневого программирования, обеспечивающего разработку высокоэффективных алгоритмов и структур данных, с высокоуровневой абстракцией — C++. Из-за поддержки объектноориентированного программирования возможно создание объектов, объединяющих данные и методы для их обработки. Всё это позволяет решить задачу по реализации программы расчёта параметров антенн радионавигационных систем и их анализа.

Результатом проведённой работы стало создание универсального программного обеспечения, пользователи которого могут создавать виртуальные модели антенн с заданными характеристиками. Учитываются тип антенны, размер, материал и другие важные параметры, такие, например, как влияние окружающей среды на распространение сигнала. Также программа обеспечивает визуализацию диаграмм направленности, что позволяет анализировать и сравнивать эффективность различных конфигураций антенн. Подводя итог, следует отметить, что непрерывно возрастающая роль радиотехнических систем современной авиации, необходимость их безотказной работы и высокой боеготовности ВВС требуют от инженеров, эксплуатирующих эти средства, не только глубокого знания современной АТ, но и необходимость видеть перспективу её развития. Создание современного программного обеспечения позволяет автоматизировать сложные расчёты, применяемые в моделировании и проектировании антенных систем, а также поможет инженерам подобрать и проанализировать необходимый тип антенны для решения конкретной задачи.

Моделирование передающего тракта авиационного импульсно-доплеровского радиолокатора с учётом влияния внешних воздействующих факторов

Боцкалев Н.А.

Научный руководитель — к.т.н. Матвеев А.М.

МАИ, Москва

Объектом работы является передающий тракт бортовой радиолокационной станции (БРЛС). При проектировании радиочастотных систем для ускорения разработки используется компьютерное моделирование, позволяющее экономить ресурсы на создание макетов и опытных образцов. Современные системы проектирования позволяют создавать модели устройств из готовых функциональных блоков, а также, при необходимости, позволяют создавать свои собственные блоки. Однако при решении нетривиальных задач, таких возможностей бывает недостаточно (например, при изменяющихся внешних условиях), и для их решения необходимо расширять модель.

В работе использовалась функциональная модель передающего тракта бортовой радиолокационной станции, собранная из готовых функциональных блоков из библиотек системы Matlab Simulink.

Возможности современных программных средств моделирования радиочастотных трактов БРЛС (Matlab Simulink, Keysight System Vue и др.) в части воздействий климатических и механических внешних факторов окружающей среды ограничены заданием последствий влияния [1]. Влияние влаги или, например, пониженного атмосферного давления не учитывается вовсе. Среди библиотечных компонент упомянутых программных средств отсутствует прямая алгоритмическая связь влияния внешних воздействий неэлектрической природы на электрические характеристики моделируемой радиочастотной системы.

Целью работы является усовершенствование радиочастотной модели на примере передающего тракта импульсно-доплеровской авиационной БРЛС для возможности учета влияний внешних воздействующих факторов: температур и вибраций с заданными параметрами. Для этого были переработаны следующие блоки:

1. Блок усилителя. В блок усилителя введена таблица влияния температуры на коэффициенты усиления и теплового шума усилителя во всем диапазоне рабочих частот. Возможности системы Matlab Simulink позволяют производить аппроксимацию данных таблиц, что позволяет вычислять коэффициенты усиления и шума в случае ухода температуры за рабочий диапазон.

2. Модель генератора опорного сигнала, имитирующая характеристики кварцевого резонатора. Модель генератора позволяет учитывать внешние вибрации, которые могут приводить к изменению фазовых шумов: растеканию сигнального спектра и смещению частот [2].

Такие усовершенствования функциональных блоков помогут учитывать влияние внешних воздействующих факторов на элементы, наиболее подверженные воздействию этих факторов. Это даст возможность создания более подробной и адекватной модели передающего тракта радиолокатора в части исследований влияния внешних воздействующих факторов окружающей среды на его электрические характеристики.

Список используемых источников:

1. Дьяконов В. П. MATLAB и SIMULINK для радиоинженеров. — М.: ДМК Пресс, 2011. — 976 с.: ил
2. R. L. Filler, "The acceleration sensitivity of quartz crystal oscillators: a review" in IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, vol. 35, no. 3, pp. 297–305, May 1988, doi: 10.1109/58.20450.

Анализ географической вариативности статистических характеристик опасных метеоявлений кучево-дождевой облачности

Бояренко Э.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Васильев О.В.

МГТУ ГА, Москва

Опасные метеорологические явления (ОМЯ) кучево-дождевой облачности (КДО), такие как ливень, гроза и град, сопровождаемые сильными турбулентными эффектами атмосферы, представляют серьезную опасность для воздушного судна (ВС). Особую угрозу эти метеоявления представляют при проведении экипажем ВС операций взлета и посадки.

Метеорологические радиолокаторы типа МРЛК-БЗ «Монокль» являются неотъемлемой частью современных метеорологических систем и используется для наблюдения и измерения параметров атмосферы, в том числе кучево-дождевой облачности, а также связанных с ней ОМЯ. Проведенные исследования на территории Тверской области (аэродром «Орловка») показали, что корректная установка пороговых значений в предложенном едином статистическом критерии классификации ОМЯ по отражаемости $Z_{\max}$ [1] обеспечивает вероятность правильной классификации ливня — 0.81, грозы — 0.82 и града — 0.82.

Естественным является предположение о том, что для различных климатических зон статистические характеристики атмосферы и соответственно пороги принятия решений при классификации ОМЯ будут варьироваться. Воздушное пространство над Европейской территорией России (ЕТР) характеризуется, вследствие своих размеров, многообразием, высокой динамичностью и непредсказуемостью. Для исследования региональных особенностей развития атмосферных процессов в дополнение к Тверской области были выбраны две позиции размещения МРЛК БЗ в Воронежской (г. Воронеж: 51.670000 СШ, 39.250000 ВД) и Калининградской (пос. Донское: 54.934964 СШ, 19.982742 ВД) областях. Данные регионы существенно различаются по результатам анализа карт годовых осадков и среднее числа дней с грозами в год [2].

Для изучения географической вариативности характеристик были исследованы данные, полученные в летний период 2023 года. В процессе подробно рассмотрена динамика вертикальных профилей радиолокационной отражаемости и удельной скорости диссипации турбулентной энергии, получены их статистические описания [3]. Значения $H(Z_{\max})$ по данным Воронежской МРЛК БЗ меньше, чем значения $H(Z_{\max})$, полученные на МРЛК «Орловка» (кроме случаев ливня), причём МРЛК «Воронеж» и МРЛК «Орловка» установлены в одной климатической зоне. То же самое можно сказать о высоте максимальной турбулентности $H(EDR_{\max})$. Значения $H(EDR_{\max})$ и значения $EDR_{\max}$ по данным МРЛК «Донское» не имеют общей тенденции относительно данных других РЛК, что объясняется крайне неустойчивым морским климатом.

Данные наблюдения позволяют скорректировать пороги принятия решения классификации ОМЯ КДО для одномерных задач на основе критерия максимума правдоподобия для рассматриваемых регионов. Для параметра $Z_{\max}$ порог принятия решений ливень/гроза в Воронеже сдвинулся правее в сторону увеличения на 10,96%, в свою очередь для Калининграда данный порог увеличился на 26,1% по сравнению с полученным пороговым значением в Орловке. Порог принятия решений гроза/град для Воронежа сдвинулся ниже левее на 2,8%, а для Калининграда увеличился на 13,47%. Тенденция изменения пороговых значений для параметра $EDR_{\max}$ выглядит следующим образом: Процентное изменение порогового значения ливень/гроза для Воронежа увеличился на 16,4%, а для Калининграда 26,15%. Увеличение порогового значения гроза/град для Воронежа по сравнению с Тверской областью составляет 37,59%, в то время как для Калининграда составит 53,7%.

Эти данные свидетельствуют о том, что в общем случае пороги принятия решений при классификации опасных метеоявлений кучево-дождевой облачности должны быть адаптивными. Полученные значения статистических характеристик изменения радиолокационных характеристик кучево-дождевой облачности с опасными метеоявлениями целесообразно учитывать при разработке методических указаний по формированию критериев классификации ОМЯ КДО в конкретном регионе.

Список используемых источников:

1. Васильев О.В., Бояренко Э.С., Галаева К.И. Обоснование исходных данных параметрических алгоритмов классификации опасных метеоявлений. // Научный вестник МГТУ ГА. 2023;26(6):8-21. <https://doi.org/10.26467/2079-0619-2023-26-6-8-21>.
2. Третий оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб.: «Наукоемкие технологии», 2022. 124 с.
3. Бояренко Э.С., Болелов Э.А., Васильев О.В., Коротков С.С. Экспериментальный статистический анализ радиолокационных сигналов, отраженных от опасных метеорологических явлений // Научный вестник МГТУ ГА. 2023; 26(5):19-29. <https://doi.org/10.26467/2079-0619-2023-26-5-19-29>

Применение вейвлет-преобразования для анализа радиолокационных сигналов, отражённых от живых людей

Гасанов Т.Р.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Гаврилов К.Ю.

МАИ, Москва

В работе разработаны алгоритмы обнаружения и распознавания сигналов, отраженных от грудной клетки дышащего неподвижного человека [2]. Для анализа сигналов использовано непрерывное вейвлет-преобразование с различными базисными функциями. Использование вейвлет-преобразования обусловлено его свойствами, которые в отличие от традиционного преобразования Фурье позволяют анализировать не только частотный спектр сигнала, но также и изменение этого спектра во времени.

Вейвлет-преобразование — это метод анализа функций, который позволяет изучать их локальные свойства во времени и частоте. Вейвлеты представляют собой специальные функции, которые локализованы как во времени, так и по частоте, при этом вид самих базисных вейвлет-функций (материнских вейвлетов) может быть выбран в зависимости от конкретной задачи [1].

Таким образом, с помощью вейвлет-преобразования возможен более детальный анализ сигналов с точки зрения исследования его частотно-временных характеристик. Это свойство особенно актуально при анализе нестационарных сигналов, каковыми и являются сигналы, характеризующие процессы дыхания и сердцебиения человека.

В работе с помощью непрерывного вейвлет-преобразования проведен анализ сигналов дыхания человека, которые были получены путем компьютерного моделирования. Все расчеты и моделирование, выполненные в среде Matlab, показали эффективность предложенного подхода с точки зрения повышения достоверности обнаружения процесса дыхания и повышения точности оценки его частоты. На основе обработки сигналов с помощью Вейвлет-преобразования с базисом Морле был получен выигрыш в отношении сигнал/шум порядка 9 дБ по сравнению с обычным преобразованием Фурье.

Список используемых источников:

1. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. — М.: ДМК Пресс, 2005. — 304 с.
2. Моделирование и обработка радиолокационных сигналов в Matlab. Учеб. пособие / Под ред. К.Ю. Гаврилова. — М.: Радиотехника, 2020. — 264 с.

Обзор бортовых антенных систем

Грачев А.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кондратьева С.Г.

МАИ, Москва

Антенно-фидерные устройства входят в состав бортовых систем и комплексов космических аппаратов любого класса и целевого назначения, например, метеорологические, дистанционного зондирования Земли, связные, навигационные, решающие научные задачи в околоземном пространстве и др.

В состав бортовых антенно-фидерных устройств, формирующих антенную систему космического аппарата, входят: антенны (излучатели), кабельные сети, элементы устройств СВЧ.

Широкое применение нашли классы антенн, такие как:

- Класс слабонаправленных антенн (вибраторные антенны, полосковые и микрополосковые (печатные) антенны и др.);
- Класс антенн СВЧ, а именно апертурные (излучатели в виде открытого конца волновода, рупорные антенны, зеркальные антенны и др.);
- Антенны бегущей волны (диэлектрические стержневые антенны, спиральные, импедансные и др.);
- Антенные решетки.

В составе космических аппаратов применяются следующие бортовые радиолинии [1]:

- Телекомандная система (ТКС);
- Радиолинии передачи целевой информации (РЛЦИ);
- Аппаратура спутниковой навигации (АСН);
- КОСПАС-SARSAT и др.

ТКС необходима для взаимодействия космического аппарата с наземными командно-измерительными пунктами. РЛЦИ предназначена для передачи целевой информации от космического аппарата на наземные пункты приема информации. АСН требуется для определения текущего местоположения космического аппарата [2,3].

В данной работе рассмотрены и приведены характеристики указанных выше бортовых радиолиний космических аппаратов, электрорадиотехнические параметры применяемых антенно-фидерных устройств. Рассмотрены перспективные направления дальнейшего развития бортовых антенных систем космических аппаратов [4].

В работе проведен анализ бортовых антенных систем (процесс миниатюризации, потребность в разработке высокоскоростных радиолиний, построение совмещенных бортовых антенн, применение антенных решеток и др.), а также рассмотрены вопросы оптимизации бортовых антенных систем на ранней стадии разработки с учетом серийного производства.

Список используемых источников:

1. Бортовые радиолинии космических аппаратов / Э.В. Гаджиев, Ю.В. Сычиков, Ю.И. Аликин, В.И. Рябчиков // *Авиация и космонавтика: тезисы 21ой международной конференции* — Москва: Издательство «Перо», 2022. — С. 288–290.
2. Бортовые антенные системы малых космических аппаратов, спроектированных на базе космической платформы «Канопус-в» / Э.В. Гаджиев, А.Б. Захаренко, П.П. Теплов, А.Ю. Федотов // *Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ.* — 2023. — Т. 192, № 1. — С. 7–13.
3. Перспективы развития бортовой антенной системы космических аппаратов серии «Метеор-М» / А.Б. Захаренко, А.Ю. Федотов, Э.В. Гаджиев, П.П. Теплов // *Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ.* — 2021. — Т. 182, № 3. — С. 19–23.
4. Бочаров В.С. Состояние и тенденция развития бортовых антенных систем космических аппаратов / В.С. Бочаров, А.Г. Генералов, Э.В. Гаджиев // *Иосифьяновские чтения 2015: Материалы конференции, Истра, 11 ноября 2015 года.* — Истра: АО «НИИЭМ», 2015. — С. 64–67.

Моделирование алгоритмов восстановления трехмерного рельефа в интерферометрических РСА

Ежов И.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бруханский А.В.

МАИ, Москва

Радиолокаторы с синтезированной (искусственной) апертурой антенны (РСА) устанавливаются на различных движущихся платформах, таких как спутники, самолеты, вертолеты, беспилотные летательные аппараты, а также наземные транспортные средства.

В космических РСА обеспечивается охват более широких территорий, что обеспечивает практически глобальный мониторинг Земной поверхности. Однако авиационные системы РСА гарантируют более высокую эксплуатационную гибкость по сравнению с космическими. Они позволяют оперативно отслеживать интересующую область Земной поверхности и, в отличие от космических систем, могут перемещаться практически в любом направлении. Поэтому, для получения радиолокационных изображений (РЛИ) с высоким разрешением рассматривается РСА именно авиационного базирования. Использование РСА в традиционном виде дает возможность получать только двумерные распределения интенсивности отраженного сигнала. В связи с этим, дальнейшее повышение геоинформативности РЛИ связано с развитием теории и техники радиолокационной интерферометрии [1]. Многоканальный интерферометрический приём отраженного сигнала на пространственно разнесенные антенны и последующая совместная когерентная обработка позволяют добавить третье измерение (высоту) к двумерным РЛИ.

В данной работе рассматривается моделирование и исследование эффективности алгоритмов решения задач восстановления трехмерного рельефа подстилающей поверхности по данным, полученным при радиолокационном интерферометрическом зондировании. Основным источником информации при радиолокационной интерферометрической съемке является относительный сдвиг фаз между сигналами, принимаемыми на пространственно разнесенные антенны [2]. Каждый элемент разности фаз двух радиолокационных изображений (интерферограммы) зависит от отношения разности наклонных дальностей к рабочей длине волны, которое может превосходить значение 2π . В то же время особенностью фазометрических систем является то, что изменение разности фаз ограничивается интервалом $[-\pi; \pi]$. Поэтому может появиться неоднозначность в измерениях интерферометрической разности фаз, прежде всего в особых точках на интерферограмме, в которых фаза резко изменяется, т.е. «перескакивает» на величину 2π .

В среде Matlab было разработано программное обеспечение, позволяющее моделировать поверхность различной формы и отражательной способности. Средствами открытой библиотеки Radar-Toolbox [3] была смоделирована работа РЛС для получения пары радиолокационных изображений, необходимых для дальнейшей обработки и восстановления трехмерного рельефа. Для устранения фазовой неоднозначности были использованы методы «развёртки фазы», основанные на методе наименьших квадратов (МНК) [4]. Результатом работы является программная модель, позволяющая осуществлять имитационное моделирование формирования трехмерного радиолокационного изображения.

Список используемых источников:

1. Kim, Y., Lee, H., & Lim, H. Development of Interferometric Radar for Aircraft Navigation. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2019.
2. Под ред. Л.А. Школьного. Радиолокационные системы воздушной разведки, дешифрирование радиолокационных изображений: учебник для курсантов ВВИА имени профессора Н.Е. Жуковского. / М.: изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2008. — 531 с.
3. MathWorks. "Simulated Land Scenes for Synthetic Aperture Radar Image Formation." [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mathworks.com/help/radar/ug/simulated-land-scenes-for-synthetic-aperture-radar-image-formation.html> (дата обращения: 23.02.2024)
4. Егюшкин Н.А., Ушенкин В.А. Интерферометрическая обработка радиолокационной информации на основе комбинации методов развёртывания фазы. Вестник РГРЭУ. 2015.

Обнаружение радиосигналов и их классификация на основе параметров OFDM Киракосян Л.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Аветисян В.Г.

Российско-Армянский университет, Ереван, Армения

В данной работе исследуется применение технологии SDR (Software-Defined Radio) для обнаружения и классификации беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Сформулированы задачи, включая изучение технологии SDR, разработку аппаратного и программного обеспечения, а также проведение экспериментов с использованием

разработанной системы. Для реализации алгоритмов обнаружения радиосигналов были созданы новые блоки в рамках каркаса Gnuradio. Разработанный алгоритм обнаружения сигналов основан на методе обнаружения энергии, который использует динамический порог для определения присутствия сигнала. Результаты визуализируются с помощью блока QT GUI Sink и могут быть переданы для дальнейшего анализа и обработки. Для анализа спектра и обнаружения сигналов на разных частотах был разработан спектральный анализатор на основе детектирования энергии. Спектральный анализатор предназначен для анализа спектра сигналов путем сканирования заданного диапазона частот с использованием алгоритма обнаружения энергии. Процесс работы анализатора начинается с задания диапазона частот и начальной частоты сканирования. Если в ходе сканирования был обнаружен сигнал, то происходят дополнительные действия с обнаруженным сигналом. Если же сигнал не был обнаружен в текущей частотной полосе, то спектральный анализатор переходит к следующей частотной полосе для дальнейшего анализа. При обнаружении сигнала при помощи нового блока извлекаются OFDM параметры сигнала. Была добавлена часть кода, которая позволяла извлекать только те параметры, которые относились к обнаруженному сигналу. Это позволило получить более точные данные о параметрах OFDM и повысить качество. После извлечения параметров необходимо передать их в следующие блоки обработки для классификации и глушения сигнала. Для реализации данного функционала использовались язык программирования C++ и GNU Radio. Были также использованы соответствующие инструменты и библиотеки для работы с OFDM параметрами и сигналами. Ниже параметры которые извлекаются : Количество поднесущих: это включает как пилотные, так и данные поднесущие. Размер FFT: число может варьироваться от 64, 128, 256, 512 и т.д. Длительность OFDM-символа: это обратное значение между поднесущими. Межподнесущее расстояние: $\text{sfc} = 1/\text{Ts}$, где Ts — это время символа. При проведении экспериментов было выявлено, что существует зависимость между количеством повторений OFDM параметров и сигналом. И количество уникальных векторов ограничено. В процессе приема сигнала эти векторы могут повторяться, например, N раз в определенном порядке M . Для создания датасета для классификации были проведены прослушивания сигналов различных устройств, включая пульты управления, телеметрию и сигналы Wi-Fi. Для каждого устройства был записан сигнал длительностью 10 секунд, который был прослушан 2200 раз. Полученные данные были использованы для формирования датасета. Также во время прослушивания мы меняли частоту от 2.4 Гц до 2.5 Гц. В результате всех проведенных экспериментов, мы сформировали датасет, содержащий 7 классов объектов. были проведены тестирования только классических алгоритмов машинного обучения. Во время обучения кроме OFDM параметров учитывалась и конкретная частота сигнала. Для сбора данных были прослушаны следующие устройства: 2 пульты управления Taranis Access 9D Plus один с модулем телеметрии; 2 пульты управления Flysky FS-i6; Телеметрии xRock, Holybro и 3DR. Для сбора данных был использован HackRF One, и персональный компьютер, на котором был запущен наш код для извлечения параметров. Мы провели тестирование на следующих алгоритмах машинного обучения: KNeighborsClassifier, SVC, Hist GradientBoostingClassifier, RandomForestClassifier, DecisionTreeClassifier, MLPClassifier. Наилучший результат получили на модели SVC, с параметрами Параметр регуляризации: $C=0.0025$, $\text{kernel}='poly'$ и получили результат обучение 0.979, и тестирования 0.952.

На основе этих исследований был разработан алгоритм, включающий в себя код для сканирования спектра, обнаружения, классификации и глушения сигналов. В дальнейшем предполагается провести несколько оптимизаций в системе.

Список используемых источников:

1. Li H. и др. OFDM Modulation Classification and Parameters Extraction // 2006 1st International Conference on Cognitive Radio Oriented Wireless Networks and Communications. 2006. С. 1–6.
2. Al-Emadi S., Al-Senaid F. Drone Detection Approach Based on Radio-Frequency Using Convolutional Neural Network // 2020 IEEE International Conference on Informatics, IoT, and Enabling Technologies (ICIoT). 2020. С. 29–34.

Оценка доверительного интервала в измерениях КСВ излучателя в составе антенной решётки по матрицам рассеяния

Князев А.В., Воронько А.О.

Научный руководитель — Цветков В.А.

АО «РТИ», Москва

Одной из основных проблем при разработке антенных решёток является согласование излучателей во всех режимах сканирования. При этом наиболее простой и очевидный способ настройки заключается в создании дорогостоящего активного стенда. Более доступный способ относится к косвенным измерениям и заключается в расчёте согласования излучателя на основе матриц рассеяния [1]. Так как измерение матриц рассеяния является длительным и многоэтапным процессом, то помимо точности измерительных приборов, на результаты измерений могут влиять такие факторы как состояние измерительных кабелей, температура окружающей среды, соблюдение регламента измерений и т.д.

В статье приведены формулы расчёта коэффициента отражения S_{11} центрального излучателя фрагмента АР по измеренной матрице рассеяния. Представлен алгоритм расчёта доверительного интервала значений коэффициента отражения S_{11} центрального излучателя на основе измеренной выборки матриц рассеяния с использованием коэффициентов Стьюдента как для исходных измерений элементов матрицы рассеяния, так и для рассчитываемого коэффициента отражения S_{11} . Данный алгоритм более прост, чем приведённый в [2]. Кроме того показан алгоритм расчёта погрешности измерений на основе заданных погрешностей измерительных приборов.

Пример расчёта доверительных интервалов приведён для излучателя в решётке с треугольным расположением. Показаны и проанализированы полученные погрешности измерений элементов матрицы рассеяния, и рассчитываемых коэффициентов отражения S_{11} . На основе полученных результатов сделаны выводы о различных дополнительных возможных источниках погрешностей и показано их влияние на увеличение доверительного интервала измерения коэффициента отражения S_{11} .

Сделаны выводы об оптимальном методе расчёта доверительных интервалов измерений.

Список используемых источников:

1. Амитей Н., Галиндо В., Ву Ч. Теория и анализ фазированных антенных решёток — М.: Мир, 1974 г., 453 с.;
2. В.Л. Кузьмин, В.Ю. Рудин, Б.А. Старостенко, В.А. Шумаков. Исследование влияния погрешностей измерений матриц рассеяния антенной решётки на точность определения действующего коэффициента отражения и КСВН. // сборник научных трудов «Исследование ионосферы радиофизическими методами», Москва, 1989.

Бортовые антенные решётки для БПЛА

Король Д.Г.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Темченко В.С.

МАИ, Москва

На сегодняшний день беспилотные летательные аппараты решают широкий класс задач. Для небольших БПЛА, которые занимают самый высокий объем на рынке беспилотников, часто достаточно одиночных антенн типа печатный излучатель или дипольная штыревая антенна для передачи видеоданных и получения сигналов управления.

Если же говорить про БПЛА самолетного типа, то стоит обратить внимание на значительное усложнение всей антенной системы. Это связано с тем, что в задачи таких беспилотников может входить радиолокационная разведка, ретрансляция, постановка помех и т.д. И от таких систем требуется высокая защита от помех и обеспечение надежной связи с пунктом управления. Остановившаяся на связной системе беспилотника, стоит отметить две возможные концепции ее реализации. Первый способ связи — это прямая линия между пунктом управления и беспилотником. Для таких целей в БПЛА может быть установлена сложная антенная решетка реализующая возможность управления лучом для создания

провалов в направлении помех. Недостаток такой системы — дальность связи ограничена прямой видимостью.

При отсутствии прямой линии между пунктом управления и беспилотником используется спутниковая связь. Она незаменима при полетах на сотни километров от места запуска и позволяет в режиме реального времени следить за маршрутом и получать оперативную информацию.

Перспективным направлением работы является применения конформных решений по размещению антенной систем. Не теряя в аэродинамических характеристиках, получаем возможность эффективного использования доступного пространства на БПЛА.

Калибровка ММО-АРЛС в режиме реального времени

Кофанов А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Нуждин В.М.

МАИ, Москва

В настоящее время наблюдается развитие разработки систем главной задачей которых является, определение положения автомобиля на проезжей части, которое может решаться за счет определения границ дороги.

Целью данного исследования является разработка и оценка методов определения границ дороги и автоматической коррекции калибровки антенной системы АРЛС в реальном времени.

Актуальность данной работы связана с необходимостью получения точных данных о местоположении объектов на дороге [2]. Однако в оценку данных может присутствовать систематическая ошибка, связанная с не идеальностью калибровки АРЛС после установки на ТС, изменение положения АРЛС после механического воздействия, изменения относительного положения АРЛС, связанное с неровностями.

В работе произведен анализ параметров радара [1] необходимых для обеспечения мониторинга дорожной ситуации и разработан алгоритм автоматической калибровки АРЛС в реальном времени.

В ходе работы было разработано:

1. Модель формирования ЗС для ММО-АРЛС, состоящего из 3-х передающих и 4 приемных каналов.
2. Реализованы алгоритмы цифровой обработки сигнала.
3. Модель окружающей обстановки автомобиля, основанная на независимых случайных отражениях от объектов и прилегающей поверхности к дорожному полотну.
4. Реализован алгоритмы СДЦ.
5. Разработан алгоритм определения границ дороги.
6. Разработан алгоритм автоматической калибровки радара.

После определения границ мы можем предположить что на длительном участке дороги, границы могут приняты параллельны движению ТС. С помощью методов межкадрового усреднения оценок положения, определенных точек границ дороги и с помощью МНК, мы можем определить отклонение оценки определения углового положения целей.

Выводом данной работы является автоматической калибровки по данным ММО-АРЛС. Предоставлена оценка работоспособности и СКО ошибки оценки положения границ дороги и калибровки АРЛС алгоритма с использованием моделируемых данных.

Список используемых источников:

1. Ананенков А.Е, Нуждин В.М., Расторгуев В.В., Скосырев В.Н. Высокоинформативные РЛС малой дальности/ / изд. МАИ, Москва 2018 г.

Пути повышения эффективности принудительного воздушного охлаждения БРЛС

Кручинин А.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Ушкар М.Н.
МАИ, Москва

Немалая часть беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) военного назначения оснащена радиолокационными станциями (РЛС). Анализ значений параметров бортовых РЛС (БРЛС) [1] показал, что применение цифровых технологий формирования и обработки сигнала на современной элементной базе с высокой степенью интеграции и твердотельных усилителей мощности сверхвысоких частот (СВЧ), а также стремление снизить габаритные параметры БРЛС приводят к повышению удельной мощности рассеяния БРЛС. Рост удельной мощности рассеяния приводит к повышению температуры составных частей (СЧ) БРЛС и как следствие к снижению показателей надежности. Следовательно можно сделать вывод об актуальности задач исследования путей обеспечения нормальных тепловых режимов БРЛС.

Проектирование БРЛС на ранних этапах характеризуются наличием структуры бортовой радиоаппаратуры (БРА), перечнем составных частей (СЧ) и их параметрами, местом размещения на ЛА. На основе этих данных можно произвести предварительную оценку тепловых режимов БРЛС для выбора оптимального решения вопроса термостабилизации.

Поскольку наиболее распространёнными системами охлаждения БРА являются системы принудительного воздушного охлаждения (ПВО), мощность потребления которых также возрастает с ростом рассеиваемой мощности станции, достигнуть поставленной цели обеспечения нормальных тепловых режимов можно путём повышения эффективности ПВО. Подобным исследованиям посвящены работы многих авторов. Например, работы [2, 3] характеризуются тем, что авторы решали задачу повышения эффективности ПВО путём совершенствования отдельных частей: радиаторов, оребренных каналов, плоских каналов и т.п. Такой подход не позволяет решить задачу повышения эффективности ПВО бортовых РЛС, поскольку они представляют собой систему взаимосвязанных каналов. В работе [4] авторы учли этот недостаток, но не рассматривали возможность повышения эффективности систем ПВО за счет использования удалённых радиаторов.

В данной работе предлагается рассмотреть варианты систем ПВО конструкций БРА с использованием удаленных радиаторов и контурных тепловых труб, что позволяет снизить потребляемую мощность на ПВО за счет развития эффективной поверхности рассеяния БРЛС.

Для экспериментальных исследований использовалась САПР SolidWorks и встроенный инженерный модуль Flow Simulation. Объектом исследования является конструкция БРЛС с заданной компоновкой.

Список используемых источников:

1. Старенченко А.В. Разработка методики конструирования теплонагруженных БРЛС малоразмерных ЛА, диссертация к.т.н., 2018, 118 с.
2. Дульнев Г.Н. Теория тепло- и массообмена — СПб: НИУ ИТМО, 2012 г., — 195 стр., ил.
3. А.И. Улитенко, В.С. Гуков, В.А. Пушкин Принципы построения индивидуальных систем охлаждения электронных приборов и устройств. — М.: Горячая линия — Телеком, 2012 г. — 286стр., ил.
4. Бородин С.М. Обеспечение тепловых режимов в конструкциях радиоэлектронных средств : методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Проектирование РЭС» для студентов, обучающихся по специальности 21020165 направления 200800 «Проектирование и технология электронных средств» / Ульяновск: УлГТУ, 2008. — 52 с.

Широкополосная печатная антенна для телекомандной системы

Макарян А.А.

Научный руководитель — к.т.н. Ганицев А.Ю.

МАИ, Москва

В настоящее время в мире развивается миниатюризация КА. Идут разработки и внедрение малых КА массой 150–250 кг ведущими космическими агентствами и частными компаниями [1].

Для эффективного управления различными режимами спутниковых подсистем применяется высокоэффективная и быстро реагирующая система управления — телекомандная система (ТКС). ТКС состоит из наземного и космического комплекса. Данная система обеспечивает взаимодействие КА с наземными командно-измерительными системами (КИС). Целями ТКС являются радио-контроль орбиты, радиоуправление датчиками сети, обработка собранной информации с последующей передачей на наземные пункты приема, переключение на резервную систему при аварии или отказе основных блоков [2].

В докладе обсуждаются требования к конструкции бортовых антенн малых КА, они определяются ограничениями массы, габаритов, механическими и температурными требованиями, электромагнитной совместимостью и питанием. Проблема миниатюризации возникает из-за ограниченного пространства на борту, что может привести к компромиссам в требованиях к АФУ. Кроме того, вывод на орбиту и эксплуатация на ней влекут за собой дополнительные требования к АФУ, включая перепады давления и температуры, вибрации, перегрузку и наличие ионизации [3].

В данной работе прототипом было выбрано АФУ конструктивно представляющее из себя вибраторную антенну с наклонными плечами с известными габаритными параметрами: высота 95 мм, диаметр 240 мм [4]. В ходе моделирования были определены электродинамические характеристики: КУ > 5 дБ, КСВ < 2 в заданном частотном диапазоне. Предложен вариант построения малогабаритной не выступающей антенной системы с помощью применения технологии МПА. Проведено моделирование двухзаходной печатной спиральной антенны в качестве АФУ ТКС малого КА массой 150–250 кг. Получены ее геометрические параметры: высота 21 мм, диаметр 90 мм, а также электродинамические характеристики: КУ > 5 дБ, КСВ < 2 в заданном частотной диапазоне, ширина ДН по уровню 3 дБ более 90 градусов.

Разработанное антенное устройство может применяться на малогабаритных спутниках, так как является более компактным решением, чем исследованный прототип, при том обеспечивая сравнимые, если не лучшие, электродинамические характеристики.

Список используемых источников:

1. Макриденко Л.А., Волков С.Н., Ходненко В.П., Золотой С.А. Концептуальные вопросы создания и применения малых космических аппаратов // Вопросы электромеханики. Труды НПП ВНИИЭМ. 2010. Т.114. № 1. С. 15–26.

2. Космический комплекс гидрометеорологического и океанографического обеспечения «Метеор-3М» с космическим аппаратом «Метеор-М» № 1: справочные материалы. М.: ФГУП «НПП ВНИИЭМ». 2008. — 143 с.

3. Фортескью П., Суайнерда Г., Старка Д. Разработка систем космических аппаратов. — М.: Альпина Паблишер, 2015. — 765 с.

4. Бочаров В.С., Генералов А.Г., Гаджиев Э.В. Результаты лётных испытаний антеннофидерных систем телекомандной системы КА «Канопус-В» №1 и Белорусского КА и пути усовершенствования их характеристик // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2014. № 4 (16). С. 5–12

Модификация адаптивного алгоритма компенсации АШП, для работы в условиях переотражений

Мачинский Г.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Нелин И.В.

МАИ, Москва

В рамках инициативной работы по изучению алгоритма компенсации АШП, был реализован алгоритм Грамма — Шмидта в среде GNU Octave в условии действия АШП, а также переотраженной от станции постановки помех, на РЛС малой дальности.

Для компенсации влияния источника АШП, а также определения его местоположения, в описанных условиях, был предложен метод выбора направления источника помехи, основанный на корреляционном анализе обучающей выборки, анализе значений отклонений весовых коэффициентов от нормы, а также анализ мощности принимаемой выборки.

Для подтверждения теоретических предположений, а также для подтверждения адекватности работы предложенного метода, на базе кафедры 410 МАИ была создана экспериментальная лабораторная установка, состоящая из ультразвукового постановщика помехи, отражателя и приемной станции. Сигнал на входе приемной станции представляет совокупность сигнала АШП, переотраженной составляющей, а также полезного сигнала. Принятая смесь сигналов поступает в АЦП и далее обрабатывается на ЭВМ.

В результате полунатурного эксперимента оценена эффективность работы предложенного алгоритма пеленгации. Проведен анализ корректности определения направления на истинный постановщик помехи. Также удалось сформировать провал в ДНА в направлении на постановщика помех, тем самым подтвердилась адекватность работы алгоритма, а также метода выбора направления прихода исходной помехи.

В дальнейшем, остается открытым вопрос о работе построении и реализации алгоритма для работы в реальном времени.

Список используемых источников:

1. Пеленгационные антенные системы с пространственной компенсацией помех:: учеб-метод.пособие/ С.В.Козлов. — Минск: БГУИР, 2019. — 158с.:ил.
2. Виноградов М. С., Свердлов Б.Г, Нелин И.В., «Анализ эффективности алгоритмов адаптивной обработки в радиолокационных системах при воздействии комбинированных помех, материалы международных и всероссийских конференций», Авиация и космонавтика: Тезисы 20-ой Международной конференции, Москва, 22–26 ноября 2021 года. — Москва: Издательство «Перо»;

Методика применения искусственных нейронных сетей для восстановления формы объекта на зашумленных радиолокационных изображениях при их обработке

Митькин М.А.

Научный руководитель — д.т.н. Гаврилов К.Ю.

МАИ, Москва

Одной из важных задач в улучшении качества радиолокационных изображений, полученных радиолокатором с синтезированной апертурой (РСА), является уменьшение воздействия шумов на изображение. Радиолокационные изображения часто содержат различные источники шума. Причинами появления шума на изображениях являются различные факторы, среди которых наиболее распространенными являются: спекл-эффект, внешние и внутренние (аппаратурные) условия работы сенсоров (атмосферные искажения, дымовые завесы, тепловые шумы аппаратуры и др.); помехи в каналах передачи изображения; погрешности дискретности оцифровки. Все эти факторы существенно искажают качество изображения, усложняя его анализ и обработку.

Шумы на радиолокационных изображениях могут проявляться в виде размытости деталей, искажения контуров объектов, ухудшения различимости текстур и структур.

В рамках задачи исключения шумов на радиолокационных изображениях, полученных с РСА, применяются различные методы обработки сигналов и изображений. В частности, используются алгоритмы фильтрации, статистические методы, вейвлет-анализ, методы машинного обучения и нейросетевые подходы. Эти методы могут быть настроены на специфические характеристики шума в радиолокационных изображениях и могут варьироваться в зависимости от особенностей конкретной задачи и требований к результатам обработки.

Использование искусственных нейронных сетей, особенно свёрточного типа, представляет собой перспективный подход к решению проблемы восстановления формы объектов на зашумленных изображениях. Эти сети обладают способностью автоматически извлекать и анализировать признаки изображений на разных уровнях абстракции, что делает их эффективными инструментами для восстановления структуры объектов даже при наличии шума.

В работе приведена методика обучения сети для улучшения качества радиолокационного изображения путем очищения изображения от шума. Показано, как при использовании свёрточных нейронных сетей для восстановления формы объекта на зашумленных изображениях сеть обучается на парах зашумленных и исходных (незашумленных) изображений. В ходе обучения сеть учится выявлять характерные признаки, которые помогают восстанавливать форму объектов, игнорируя влияние шума. После обучения сеть может быть использована для прогнозирования незашумленного изображения на основе зашумленного входа. Рассмотрены шумы с разными функциями плотности распределения вероятностей (ПРВ). Приведены эксперименты и результаты сравнения классических методов обработки радиолокационных изображений от шума и нейросетевого подхода.

Список используемых источников:

1. Puyang W., Vishal M., Generating High Quality Visible Images from SAR Images Using CNNs. // Patel Department of Electrical and Computer Engineering, 2018, arXiv preprint arXiv:1802.10036.
2. G. Chierchia, D. Cozzolino, G. Poggi, and L. Verdoliva, Sar image despeckling through convolutional neural networks, arXiv preprint arXiv:1704.00275, 2017.
3. Image colorization,” in European Conference on Computer Vision. Springer, 2016, pp. 649– 666.
4. S. Iizuka, E. Simo-Serra, and H. Ishikawa, “Let there be color!: Joint end-to-end learning of global and local image priors for automatic image colorization with

Калибровка радиолокатора подповерхностного зондирования при использовании сверхширокополосных зондирующих сигналов

Монахов М.Д.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Гаврилов К.Ю.

МАИ, Москва

Одной из очень важных и актуальных задач при разработке радаров, в частности радаров подповерхностного зондирования, является правильная калибровка этих радаров. Под калибровкой понимается подстройка комплексных (т. е. амплитудно-фазовых) весовых коэффициентов сигналов приемной антенны, при которых выполняется свертка сигналов, обеспечивающая потенциальное значение разрешающей способности радара [1]. Значения весовых коэффициентов определяются многими конструктивными особенностями радара: расстоянием между антеннами, длиной соединительных кабелей, частотными характеристиками усилителей и др.

Учесть все эти факторы путем точных расчетов практически невозможно. Разброс параметров аппаратных характеристик конкретных изделий приводит к тому, что функция отклика расширяется и характеристики радара ухудшаются.

В работе предложен подход к выполнению калибровки радара на основе контроля скалярного показателя качества, в качестве которого выбрано значение энтропии изображения

некоторого эталонного объекта, похожего на точечный отражатель. Выбор весовых коэффициентов осуществляется путем изменения значений фаз и амплитуд, а в качестве оптимального значения выбираются те, при которых значение энтропии достигает минимального значения.

Автоматизация процедуры калибровки предполагает различные методы подбора оптимальных значений весовых коэффициентов — от простого перебора в заданном диапазоне значений, до вычисления локального минимума функции с помощью численных методов. Проведение калибровки для различных радаров со сверхширокополосным зондирующим сигналом с полосой частот около 2 ГГц позволило существенно (более чем в 2 раза) повысить разрешающую способность и улучшить контраст изображения.

Дальнейшие исследования сводятся к анализу влияния на качество калибровки следующих факторов: выбор эталонных объектов, места расположения объектов (глубина залегания) и параметры зондирующего сигнала радиолокатора [2].

Список используемых источников:

1. Неронский Л.Б., Михайлов В.Ф., Брагин И.В. Микроволновая аппаратура дистанционного зондирования поверхности Земли и атмосферы. Радиолокаторы с синтезированной апертурой антенны /Учеб. пособие/ СПбГУАП. СПб., 1999. Ч. 2. 220 с.: ил.
2. Монахов М.Д., Каменский И.В., Гаврилов К.Ю. Обработка сверхширокополосных сигналов в радиолокаторе подповерхностного зондирования // Успехи современной радиоэлектроники. 2023. Т. 77. № 10. С. 57–69.

Ректенна для питания маломощных устройств

Морозов А.М., Бадаев П.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кондратьева С.Г.

МАИ, Москва

В настоящее время особо ошутима проблема питания маломощных устройств. При использовании химических источников питания, время работы существенно ограничено. Для обеспечения длительной и бесперебойной работы устройств, требуется постоянная передача энергии. Для решения данной проблемы нами предложено использовать ректенну и ионистры, либо аккумулятор, для накопления энергии, получаемой ректенной. У данного метода организации системы питания есть следующие достоинства:

1. Возможность построения схемы, без использования химических элементов питания, что исключает необходимость замены и обслуживания источников питания.
2. Отсутствие необходимости подключения проводов, что позволяет устанавливать устройство скрытно, либо свободно в большинстве мест.
3. Расположение группы устройств, питающихся самостоятельно при помощи ректенны.
4. Возможность подключения ректенны к датчикам температуры и другим устройствам умного дома, для обеспечения автономной работы устройств.

Таким образом данный метод питания может использоваться как самостоятельно, так и как способ резервирующего питания для особо важных устройств и блоков с низким потреблением питания, например, часы реального времени и микросхем, хранящих информацию, где отсутствие питания приведет к потери информации или неправильному функционированию устройства. Перечисленные выше достоинства делают ректенну перспективным способом питания устройств, хотя она и имеет 2 существенных недостатка: малую мощность питания и необходимость наличия энергии электромагнитных волн вокруг ректенны.

Список используемых источников:

1. Воскресенский Д.И., Гостюхин В.Л., Максимов В.М., Пономарев Л.И. Устройства СВЧ и антенны. // Издательство: Радиотехника 2006.
2. Сюняев Д.Р., Ву К.Т.Ч., Казарян Г.М., Саввин В.Л. Оптимизация элементов ректенных систем. // Журнал радиоэлектроники. 2022. №8.

Расчёт направленных свойств двумерных излучающих структур методом FDTD

Павлов С.В., Чекулов В.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шмачилин П.А.

МАИ, Москва

При разработке и проектировании современных антенных систем возникает проблема создания физических моделей для проведения испытаний и оценки характеристик системы из-за сложности и дороговизны таких устройств [1, 2]. Решением данной проблемы является математическое моделирование подобных систем, отличительной особенностью которого является то, что для проведения экспериментов нет необходимости реализовывать физическое устройство, а также имеется возможность проводить эксперименты большое количество раз при различных параметрах антенн.

Одним из численных методов электродинамики является метод конечных разностей во временной области (FDTD), предложенный в 1966 году Kane Yee. В основу разностной схемы легли уравнения Максвелла в дифференциальной форме [3].

Существующие программные продукты в основном разработаны импортными организациями, и использование этих программ без лицензионного соглашения запрещено. В сложившихся в мире обстоятельствах есть ограничения на использование этих программ в нашей стране.

Работа посвящена актуальной и современной теме в направлении импортозамещения импортных программных продуктов моделирования СВЧ устройств и электродинамических процессов. Программа написана на языке программирования Python.

Первоначальным этапом разработки программного продукта является обзор методов численного решения задач электродинамики, ознакомление с методом FDTD и граничными условиями [4], а также ознакомление с методами пересчёта поля в ближней зоне в поле в дальней зоне.

Следующим этапом разработки является написание функций и библиотек. При этом требуется предусмотреть разработку пользовательского интерфейса для удобства ввода и изменения параметров процесса моделирования. Так же следует предусмотреть возможность задания геометрических объектов с задаваемыми электродинамическими параметрами. Требуется обеспечить сохранение и визуализацию результатов вычислений в виде тепловых карт и двумерных графиков.

Третьим этапом разработки программного продукта является его проверка на тестовых задачах. В виде тестовых задач использовали задачи расчёта диаграмм направленности (ДН) всенаправленного излучателя, линейных антенных решёток, состоящей из 4, 8, 16 и 32 всенаправленных излучателей, рупорной антенны, зеркальной антенны с учётом облучателя. По результатам моделирования сделать выводы о работоспособности программы.

Кроме этого в работе была предложена методика для исследования качества программной реализации граничных условий. По коэффициенту отражения от стенок с применяемыми граничными условиями выбираются наилучшие граничные условия, применяющиеся впоследствии при электродинамическом моделировании.

Список используемых источников:

1. Гаджиев Э.В. Моделирование бортовых антенн СВЧ космических аппаратов / Э.В. Гаджиев // Антенны. — 2013. — No 9 (196). — С. 065–068.
2. Исследование характеристик направленности бортовых антенн космических аппаратов на ранней стадии разработки / Е.В. Овчинникова, П.А. Шмачилин, С.Г. Кондратьева, Э.В. Гаджиев // Электросвязь. — 2016. — No 7. — С. 56–59.
3. Kane Yee. Numerical solution of initial boundary value problems involving Maxwell's equations in isotropic media (англ.)// Antennas and Propagation, IEEE Transactions on: journal.— 1966.—Vol. 14.—P. 302–307.
4. Электронный ресурс. Доступно по ссылке <https://www.kaggle.com/code/shmachilin/fdtd-2d> (дата обращения: 20 февраля 2023 года).

Оценка рисков создания взаимных радиопомех космических аппаратов

Рогачев В.Н.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Нелин И.В.

МАИ, Москва

Количество постоянно радиоизлучающих спутников быстро растет. К таковым относятся спутники связи, теле- и радиовещания, радиолокационного зондирования Земли, многие из которых могут распределяться на геостационарной орбите (ГСО).

Электромагнитная совместимость спутников и спутниковых систем регулируется Международным Союзом Электросвязи (МСЭ). В основном, регламентирующие решения Союза касаются распределения частот. Но, например, ввиду ограниченного ресурса геостационарной орбиты, на этой орбите распределяются одновременно и частоты, и долготы. Эти распределения регистрируются в Бюро радиосвязи. Заданные положения спутников на орбите должны поддерживаться с точностью $\pm 0,1$ градуса [1].

Минимальное расстояние между спутниками не регламентируется. Например, минимальное расстояние между точками стояния, выделенными для Российской Федерации, составляет 3 градуса [2]. При этом в диапазоне 4 ГГц для передачи Космос — Земля может быть выделена любая, по-видимому, полоса шириной 800 МГц. В среднем, на каждый действующий спутник на ГСО приходится 1,5 градуса, но есть кластеры, где расстояния значительно меньше. Поэтому, введенные МСЭ ограничения не исключают возможности создания взаимных радиопомех между космическими аппаратами на ГСО. Кроме того, существуют орбиты типа "Молния", круговые орбиты систем спутниковой навигации, и также существует множество излучающих спутников на низких орбитах, которые могут негативно воздействовать на штатную работу систем спутниковой связи.

Следовательно контроль за возникновением нежелательных ситуаций в космосе в виде создания взаимных радиопомех космических аппаратов является актуальной задачей.

В рамках этой задачи были рассмотрены следующие вопросы:

1. По каким критериям считать ситуацию с взаимными помехами нежелательной?
2. Какая информация необходима для моделирования нежелательной ситуации?
3. Какая информация необходима для разбора обнаруженного факта воздействия помехи?

Была написана программа для оценки результатов, полученных при рассмотрении представленных выше вопросов.

Список используемых источников:

1. Регламент радиосвязи. Статьи. — URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202201270013>. — Дата публикации: 27 января 2022.
2. Кукк К.И. Спутниковая связь: прошлое, настоящее и будущее. — М.: Горячая линия — Телеком, 2019. — 256 с.

Экспериментальное исследование радиолокационного метода измерения толщины слоёв многослойных строительных конструкций

Руденко Е.В., Дубовский А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Каменский И.В.

МАИ, Москва

Контроль толщины конструкций из бетона и железобетона — необходимая и часто возникающая на практике задача. Согласно техническому регламенту к каждой из этих конструкций предъявляются свои требования, т.к. готовые изделия должны соответствовать определенным стандартам и не иметь явных дефектов типа пустот, трещин и др. Среди существующих методов неразрушающего контроля одним из самых эффективных является радиолокационный. Радиолокационные системы (РЛС) подповерхностного зондирования способны не только обнаружить пустоты, участки с неоднородным распределением наполнителя, трещины, и прочие дефекты, но также и определить их местоположение (глубину, размеры и координаты).

Радиолокационные методы используются также для восстановления схем армирования (например, при утере проектной документации), поиска инженерных сетей и коммуникаций, слоев утепления. Требования глубины проникновения радиоволн и разрешения по дальности определяют противоречивые требования к выбору длины волны: с увеличением длины волны увеличивается глубина проникновения, однако уменьшается разрешение по дальности. В РЛС подповерхностного зондирования для получения высокой разрешающей способности по дальности обычно используют широкополосные сигналы со ступенчатой частотной модуляцией (СЧМ).

При радиолокационном определении толщины слоев многослойных строительных конструкций (МСК) является отсутствие сведений об их электрических свойствах — диэлектрической проницаемости и др. В работе предложен метод совместного определения толщины и диэлектрической проницаемости слоев МСК, который позволяет проводить вычисления этих параметров последовательно по слоям, начиная с внешнего (первого) слоя.

Особенностью метода является использование импульсных СЧМ сигналов при нескольких точках зондирования. Количество точек зондирования определяет число уравнений в системе, решив которую можно получить информацию о диэлектрической проницаемости и толщине каждого слоя. Увеличения числа уравнений, достигаемое путем увеличения точек зондирования, позволяет повысить точность определения искомых параметров. В работе проведено исследование определения количества точек зондирования, необходимого для достижения заданной точности измерений при заданных характеристиках РЛС. Кроме того, получены оценки достижимой точности определения толщины слоев МСК при различных условиях проведения измерений — расположения передающей и приемных антенн, расстояний между ними, высоты расположения антенн на поверхность МСК и поляризации зондирующего сигнала.

Список используемых источников:

1. Advances ultrawideband radar technology signals, targets, and applications / ed. Taylor J. D. — Boca Raton, London, New York — CRC Press Taylor & Francis Group — 2017 — P. 458. Mark A. Richards — Fundamentals of Radar Signal Processing (2005, McGraw-Hill).

2. Гаврилов К.Ю., Игоница Ю.В., Линников О.Н., Панявина Н.С. Методическое пособие: «Оценка разрешающей способности по дальности при использовании сигналов со ступенчатой частотной модуляцией», 14 с

3. Патент № PCT/RU2010/00724, Способ определения диэлектрической проницаемости диэлектрического объекта Кузнецов Андрей Викторович, Горшков Игорь Юрьевич. НТЦ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ.

Формирование радиолокационных изображений в многопозиционных пространственно-некогерентных РЛС

Сурков А.А.

Научный руководитель — д.т.н. Ясенцев Д.А.

МАИ, Москва

Многопозиционные радиолокационные системы (МП РЛС) в настоящий момент являются перспективным направлением в разработке РЛС. Интерес к МП РЛС связан со значительными возможностями таких систем по повышению информативности и помехозащищенности в сравнении с традиционными однопозиционными РЛС. Однако платой за вышеуказанные преимущества МП РЛС является их повышенная сложность. Одним из главных недостатком МП РЛС является сложности реализации обработки сигналов таких РЛС и необходимость взаимной синхронизации отдельных составных частей МП РЛС.

Построение однопозиционных РЛС в настоящее время осуществляется по когерентному принципу. Такие системы дают наилучшие энергетические и информационные показатели по возможности обнаружения целей на фоне помех, угловому разрешению. Аналогично для МП РЛС когерентность системы существенно повысит её возможности по мониторингу окружающей тактической обстановки. Некогерентные МП РЛС в это же время являются более

дешевыми в разработки, но отсутствие фазовой синхронизации вызывает увеличение энергетических и информационных потерь, которые требуется учитывать в обработке [1].

Некогерентные МП РЛС возможно использовать для решения задачи наблюдения за наземными статическими и движущимися объектами в ограниченной зоне обзора. В этом случае целесообразно оптимизировать расположение позиций МП РЛС и адаптировать алгоритмы обработки сигналов в центре сбора информации.

Целью данной работы является провести моделирование некогерентной МП РЛС, разработать алгоритм получения РЛИ, обработки сигналов, которые дадут достаточные энергетические и информационные показатели для обнаружения целей в зоне обзора.

В данной работе была получена компьютерная модель МП РЛС в среде компьютерного моделирования MatLab и был произведен анализ зависимости характеристик отклика системы от расположения, количества позиций целей в зоне обзора и других параметров [2].

Список используемых источников:

1. Черняк В.С. Многопозиционная радиолокация. — М.: Радио и связь, 1993. — 416 с.
2. Верба В.С., Неронский Л.Б., Осипов И.Г., Турук В.Э. Радиолокационные системы землеобзора космического базирования / Под ред. В.С. Вербы. — М.: Радиотехника, 2010. — 680 с.

Исследование помехоустойчивости приёмников дальней космической связи с ГММС при воздействии помех от стационарных плазменных двигателей с применением методов слепого разделения сигналов

Тяпкин П.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Важенин Н.А.
МАИ, Москва

Применение алгоритмов слепого разделения сигналов позволяет достичь выигрыша по вероятности битовой ошибки в каналах с разнесенным приемом на две антенны и воздействием импульсных помех с различными характеристиками. Величина выигрыша в зависимости от метода модуляции и величин отношений помеха-сигнал в принятых каналах может составлять сотню и более раз. Целью проводимого исследования является анализ применимости и количественная оценка потенциальной эффективности использования алгоритмов слепого разделения сигналов на базе метода анализа независимых компонент для борьбы с помехами, создаваемыми стационарными плазменными двигателями (СПД), воздействие которых сказывается на помехоустойчивость дальней космической связи (ДКС). Была разработана и апробирована имитационная модель с разнесенным приемом сигналов гауссовой модуляцией с минимальным частотным сдвигом (ГММС) и помехоустойчивым кодированием данных кодом Рида-Соломона при воздействии импульсных шумовых помех от СПД.

Протокол физического уровня разработанной имитационной модели приемника системы ДКС реализован в соответствии с требованиями стандарта Международного Консультативного Комитета по космическим системам передачи данных (Consultative Committee for Space Data Systems, CCSDS). Рассмотрен вариант модуляционно-кодовой схемы на основе Рида-Соломона (255,223) с перемежением бит на выходе кодера. Данный вариант модуляционно-кодовой схемы наиболее часто применяется в дальней космической связи и рекомендован в CCSDS. Результаты моделирования показали, что использование алгоритмов слепого разделения сигналов SOBI и FastICA позволяет достичь энергетического выигрыша по битовой ошибке в каналах с ГММС и импульсной помехой от СПД как без помехоустойчивого кодирования, так и с применением кода Рида-Соломона. Например, в каналах с импульсной помехой со средней скважностью 0.107 при отношении помеха-сигнал 10 дБ и 30 дБ выигрыш по битовой ошибке от применения алгоритма SOBI составляет 30.5 раз без использования помехоустойчивого кодирования при битовом отношении сигнал-шум 8 дБ в каждом канале. При использовании кода Рида-Соломона (255,223) при битовом отношении сигнал-шум 6.8 дБ выигрыш по битовой ошибке составляет 54.6 раза.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 23-19-00515, <https://rscf.ru/project/23-19-00515/#!>

Исследование информационных параметров объектов зондирования сверхширокополосных РЛС

Хахина П.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Харламов А.Н.

МАИ, Москва

Сверхширокополосные (СШП) сигналы, в том числе сверхкороткоимпульсные (СКИ), обладают высокой разрешающей способностью по дальности (по задержке), что позволяет обнаруживать малоразмерные объекты [1], извлекать некоординатную информацию, формировать их радиолокационные образы — дальностные портреты.

Согласно [2], система считается сверхширокополосной, если выполняется хотя бы одно из условий:

1) Ширина спектра (по уровню -10 дБ относительно максимального значения спектра) излучаемых сигналов не менее 500 МГц.

2) Относительная полоса частот, то есть отношение ширины спектра излучаемых сигналов по уровню -10 дБ к средней частоте спектра, не менее 0,2.

Определенные достоинства для распознавания объектов имеют видеоимпульсные СШП РЛС. Однако для видеоимпульсных однопозиционных сверхширокополосных РЛС без несущей характерна очень низкая разрешающая способность по угловым координатам ввиду широкой диаграммы направленности антенны. В тоже время высокая точность измерения задержек отраженных сигналов при использовании разнесенного приема в многопозиционных РЛС позволяет получить высокое разрешение и по угловым координатам.

В многопозиционных РЛС существует проблема отождествления радиолокационных откликов нескольких целей в разных приемных позициях. В данной работе задача отождествления откликов решается путем использования дополнительной информации, извлекаемой из дальностного радиолокационного портрета распределенного объекта.

Цель проводимых исследований — определение возможности и условий для отождествления откликов в сверхширокополосной видеоимпульсной многопозиционной РЛС. Для достижения поставленной цели дальностный портрет объекта в виде совокупности блестящих точек восстанавливается методом инверсной фильтрации с регуляризацией. Восстановление радиолокационного образа и извлечение некоординатной информации для отождествления отклика производится в ограниченной полосе частот инверсного фильтра, в пределах которой спектральная плотность мощности полезного сигнала превышает спектральную плотность шума.

Список используемых источников:

1. Беличенко, Виктор Петрович. Сверхширокополосные импульсные радиосистемы: монография / В. П. Беличенко, Ю. И. Буянов, В. И. Кошелев; Российская академия наук (РАН), Сибирское отделение (СО), Институт сильноточной электроники (ИСЭ); под ред. В. И. Кошелева. — Новосибирск : Наука, 2015. — 482 с.: ил. — Библиогр.: с. 479-482. — ISBN 978-5-02-019197-6.

2. Иммореев И. Я. Сверхширокополосные радары. Особенности и возможности [Текст] / И. Я. Иммореев // Радиотехника и электроника. — 2009. — №1. — С. 5-31.

Применение САПР при проектировании бортовых антенных систем на ранней стадии разработки

Чекулов В.Р., Павлов С.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гаджиев Э.В.

МАИ, Москва

Бортовые антенно-фидерные устройства (АФУ) составляют неотъемлемую часть космических аппаратов (КА), различающихся как по их типу (малые, средние, большие), так и по целевой задаче (метеорологические, дистанционного зондирования Земли, связные, навигационные и др.) [1].

Цель данной работы заключается в анализе степени применимости систем автоматизированного проектирования (САПР) при разработке бортовых антенных систем КА на ранней стадии с учётом специфики бортовых антенных систем КА и условий их эксплуатации.

Актуальность данной задачи в настоящее время заключается в необходимости увеличения количества отечественных КА на орбите, а применение САПР может позволить сократить время на разработку и снизить стоимость продукции при серийном производстве.

В работе приведены основные цели внедрения и классификация САПР, а также методы решения электродинамических задач, которое сводится к решению основных уравнений электродинамики с граничными условиями [2].

Построенная с помощью САПР адекватная электродинамическая модель АФУ позволит разработчику на ранней стадии провести не только отработку электрорадиотехнических параметров бортовой антенной системы, но и оценить влияние корпуса КА на эти параметры, что в свою очередь способствует подбору оптимального месторасположения бортового АФУ на поверхности КА с точки зрения обеспечения заданных требований к электрорадиотехническим параметрам бортовой антенной системы КА [3].

Таким образом, применение САПР на ранней стадии разработки бортовых антенных систем позволяет получить предварительную оценку по ожидаемым результатам в части электрорадиотехнических параметров АФУ КА. Однако целесообразным является разработка метода (алгоритма) с помощью применения САПР, с помощью которого у разработчика была бы возможность первичной оценки электрорадиотехнических параметров с учётом различных типов применяемых конструкций КА [4], то, несомненно, будет являться не менее актуальной задачей для дальнейших исследований.

Список используемых источников:

1. Бочаров В.С. Состояние и тенденция развития бортовых антенных систем космических аппаратов / В.С. Бочаров, А.Г. Генералов, Э.В. Гаджиев // Иосифьяновские чтения 2015: Материалы конференции, Истра, 11 ноября 2015 года. — Истра: АО «НИИЭМ», 2015. — С. 64–67.
2. Гринев А.Ю., Гиголо А.И. Математические основы и методы решения задач электродинамики: учеб. пособие. — М.: Радиотехника, 2015. — 126 с: ил.
3. Бочаров В.С. Исследование влияния корпуса космического аппарата на характеристики направленности бортовых антенн / В.С. Бочаров, А.Г. Генералов, Э.В. Гаджиев // Иосифьяновские чтения 2015: Материалы конференции, Истра, 11 ноября 2015 года. — Истра: АО «НИИЭМ», 2015. — С. 61–63.
4. Гаджиев Э.В. Конструкции малых космических аппаратов / Э.В. Гаджиев, А.В. Заграева // Космические системы, Москва, 27 апреля 2021 года. — Москва: Издательство «Перо», 2021. — С. 32–33.

Оценка вектора скорости наземных движущихся целей в РСА при прямолинейном движении носителя

Шаляев И.Д., Кучмий А.Д.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Ясенцев Д.А.

АО «НПП "Исток" им. Шокина», Фрязино

Селекция (обнаружение) наземных движущихся целей (СНДЦ) входит в спектр основных задач, решаемых бортовыми РЛС воздушной разведки. Возможности по обнаружению НДЦ определяются разрешающей способностью бортовой РЛС по азимуту и дальности. Последнее обеспечивается за счёт использования широкополосных зондирующих сигналов. Высокое же разрешение по азимутальной координате (поперечной дальности) может быть реализовано только за счёт работы бортовой РЛС воздушной разведки в режиме синтеза искусственной апертуры антенны.

Кроме обнаружения НДЦ, т. е. установления факта её наличия на наблюдаемом участке подстилающей поверхности, алгоритмы СНДЦ должны обеспечивать оценку вектора скорости обнаруженных движущихся целей и определение её координат.

Оценивание радиальной составляющей вектора скорости НДЦ осуществляется за счёт измерения доплеровского смещения частоты отражённого сигнала. При работе бортовой РЛС воздушной разведки известны несколько способов обнаружения НДЦ и оценки их радиальной скорости [1]. Более сложной задачей является оценка тангенциальной (поперечной) составляющей вектора скорости НДЦ. Это обусловлено малой чувствительностью параметров отражённого от НДЦ сигнала к её движению поперёк линии визирования.

В работе предложен способ оценки обеих составляющих вектора скорости НДЦ с использованием одной моноимпульсной антенны. В основе метода лежит разбиение исходной подапертуры для выделения отметки наземной движущейся цели от неподвижных целей, оценка ее радиальной скорости за счет определения смещения ее положения на амплитудном радиолокационном изображении (АРЛИ) от оцененного моноимпульсным методом положения, с последующей коррекцией опорной функции и оценкой тангенциальной скорости [2, 3]. Приведены оценки точности определения составляющих вектора скорости и ограничения приведенного метода.

Список используемых источников:

1. Антипов В. Н., Викентьев А. Ю., Колтышев Е. Е., Кондратенков Г. С., Лавров А. А., Фролов А. Ю., Янковский В. Т. Авиационные системы радиовидения. Монография / Под ред. Г. С. Кондратенкова. М.: Радиотехника, 2015.;
2. Татарский Б.Г., Ясенцев Д.А. Оценка тангенциальной составляющей вектора скорости наземной движущейся цели в РСА при вращении фазового центра реальной антенны. // Информационно-измерительные и управляющие системы — Изд.: «Радиотехника», 2018;
3. Ясенцев Д.А. Особенности режима селекции наземных движущихся целей при вращении фазового центра реальной антенны. // Информационно-измерительные и управляющие системы — Изд.: «Радиотехника», № 6, 2018.

Алгоритмы распознавания воздушных целей на основе анализа микродоплеровских эффектов в радиолокационных сигналах

Ширяев В.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Гаврилов К.Ю.

МАИ, Москва

Микродоплеровский эффект, характеризующийся внутренними движениями объектов, является важным аспектом радиолокационного обнаружения. Такими движениями можно считать: движение грудной клетки при дыхании человека, вращение лопастей дрона или вертолета, а также колебания корпуса автомобиля под воздействием вибраций двигателя [2]. В работе проводится исследование этого явления, связанное с его влиянием на радиолокационные сигналы при вращении малоразмерных лопастей дрона. Основные теоретические сведения по этому вопросу описаны в работе В. Чена [1].

Задачи определения частотных характеристик вращающихся элементов конструкций дронов и других малых беспилотных аппаратов лежат в основе их распознавания и отделения от других воздушных объектов — птиц и др. Решение подобных задач является весьма актуальным для многих радиолокаторов контроля воздушного пространства на небольшой дальности (до 10 км).

Одним из ключевых результатов исследования является определение фазовой функции сигнала, которая подвержена нелинейным законам изменения во времени, что приводит к размытию частотного спектра сигнала. Это обстоятельство оказывает существенное влияние на процесс распознавания целей и классификации их движений.

В работе предполагается использовать различные преобразования двумерного типа для анализа микродоплеровских эффектов. К ним относятся такие преобразования как, кратковременное преобразование Фурье, преобразование Габора, параметрические методы

спектрального анализа и другие. Эти методы позволяют эффективно выявлять и анализировать частоту микродвижений (микроперемещений) объектов, что дает основание для их классификации.

В рамках исследования проведен анализ различных преобразований с целью сравнения их эффективности. Основное внимание уделено анализу преобразования Фурье и кратковременного преобразования Фурье. Полученные результаты демонстрируют возможность определения частоты вращения малых лопастей дрона при условии хорошего качества отражения.

Список используемых источников:

1. Chen V.C. The Micro-Doppler Effect in Radar. — Artech House, Boston/London, 2011.
2. Гаврилов К.Ю. и др. Моделирование и обработка радиолокационных сигналов в Matlab. — М.: Радиотехника, 2020.

Применение оконных функций для повышения качества радиолокационных изображений

Шулика В.К.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Матвеев А.М.

МАИ, Москва

Современные радиолокаторы земного обзора являются средствами дистанционного наблюдения, от которых требуется получить высокдетальные радиолокационные изображения независимо от времени суток и погодных условий. Однако качество радиолокационных изображений зависит от уровня боковых лепестков отклика РЛС на точечный отражатель, которые вблизи ярких целей создают ореолы в виде четырехлучевой звезды. Наличие боковых лепестков на РЛИ приводит к искажению формы и маскированию малоразмерных слабоотражающих объектов, что затрудняет получение полезной информации.

В учебнике [3] демонстрируется эффект взвешивания, маскирующий слабый сигнал близким сильным сигналом, препятствующим обнаружению. Кроме этого, описывается стратегия выбора окна, когда находится компромисс между смещением из-за помех в области близких боковых лепестков и из-за помех в области дальних боковых лепестков.

Целью работы являлось применение различных видов оконных функций по дальности и по азимуту к модели точечной цели для устранения боковых лепестков и повышения информативности. Расчёты проводились в программной среде MATLAB, в которой была построена модель сжатия отраженного сигнала по дальности и азимуту и графического вывода функции отклика от одиночного отражателя и группы одиночных отражателей, расставленных на координатной сетке сцены в виде слабоотражающего фона поверхности.

В результате проведенного анализа были подобраны наилучшие параметры и типы оконных функций, которые были применены к реальным радиолокационным изображениям. Среди оконных функций применялись: окно Хэмминга, Ханна, Чебышева, Бартлетта и Гауссовское окно.

Исследование показало, что применение оконных функций в различной степени ухудшает разрешающую способность как по дальности, так и по азимуту, однако способствует подавлению боковых лепестков, что позволяет выделять слабоотражающие объекты, расположенные вблизи мощных отражателей. Самую высокую эффективность в борьбе с боковыми лепестками демонстрирует окно Чебышева, но в то же время сильнее остальных оконных функций расширяет основной лепесток и ухудшает разрешающую способность.

Список используемых источников:

1. Толстов Е.Ф. и др. Радиолокационные системы воздушной разведки, дешифрование радиолокационных изображений / Под ред. Л.А. Школьного. — М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2008 — 531 с.: ил.
2. Антипов В.Н. и др. Радиолокационные станции с цифровым синтезированием апертуры антенны/Под ред. В.Т. Горяинова. — М.: Радио и связь, 1988 — 304 с.: ил.

3. С.Л. Марпл-мл. Цифровой спектральный анализ и его приложения: Пер. с англ. — М.: Мир, 1990. — 584 с., ил.
4. А. Гилат MATLAB. Теория и практика. 5-е изд. / Пер. с англ. Смоленцев Н.К. — М.: ДМК Пресс, 2016. — 416 с.: ил.

Секция №4.2 Нанотехнологии и наноструктуры в электронике

Перспективные разработки в сфере накопителей энергии на основе высокопористого углеродного материала

Борзунов И.Г., Аболенцев А.С.

Научный руководитель — к.т.н. Щур П.А.
МАИ, Москва

В настоящее время огромную роль в самых разных сферах жизни играют такие накопители энергии, как аккумуляторы. Прогресс в процессе изучения и попытках создать более энергоёмкие, надёжные, а также более простые для производства аккумуляторы прямым образом оказывает влияние как на повседневную жизнь — электромобили, телефоны и любая иная техническая аппаратура, работающая на хранящейся в аккумуляторе энергии, которая может быть под рукой обычного человека, так и на ведущие отрасли науки, в которых требуются аккумуляторы с характеристиками, превышающими технические данные не только у устаревших, но и имеющиеся на данный момент накопителей энергии во много раз.

В настоящее время ведущими научными коллективами из разных стран проводятся эксперименты со следующими типами аккумуляторов и батарей, наибольшая доля которых на мировом энергетическом рынке:

- литий-ионные аккумуляторы с электродом из кремнеграфита (SiC);

- литий-ионные аккумуляторы с электродом из графита;

- литий-ионные аккумуляторы с электродом из композита углеродного аэрогеля/SiC;

- натрий-серный аккумулятор (Na/S).

Одним из экспериментальных исследований было нанесение высокопористой углеродной ткани Бусофит ($[\text{LiCoO}]_2$), с помощью которой удалось увеличить площадь материала электрода в 3 раза, увеличить плотность энергии материала на 21% по массе и снизить внутреннее сопротивление (ESR) химического источника тока в 2,5 раза [1].

Исследования показали и выявили сильные и слабые стороны различных типов аккумуляторов, тем самым определили наиболее перспективные направления для работы с накопителями энергии.

Таким образом оказалось, что у натрий-серного аккумулятора высокая эффективность и плотность энергии, но при этом высокая стоимость производства, переработки и огромная потребности в натрии. Однако в случае использования данных аккумуляторов в виде гибридной системы накопления энергии можно обозначить следующие преимущества такой системы:

- минимизация первоначальных затрат по сравнению с единой системой хранения энергии;

- повышение общей эффективности;

- увеличение ёмкости хранилища и срока службы системы [2].

Для литий-ионных аккумуляторов с различными электродами было проведено исследование на напряжение и ёмкость за 1 и 2 цикла заряда-разряда аккумулятора, в ходе которого, характеристики аккумуляторов значительно изменялись. В итоге за 1-ый цикл максимальное напряжение было у аккумулятора с электродом из графита — 3,18 В, как и за 2-ой цикл — 0,55 В (SiC — 1,93 В и 0,47 В; Углеродный аэрогель/SiC — 2,86 В, 0,47 В, но при добавлении графита (50:50) с каждым циклом после 1-ого увеличивается). Наибольшая ёмкость за все циклы была выявлена у электрода из кремнеграфита SiC на 2 цикле — 602,44 мАч/г за 2 цикл, однако при электроде из углеродного аэрогеля/SiC за 3 цикл было обнаружено наибольший КПД = 97,52%, который рассчитывался по формуле:

$$\text{КПД, \%} = (C_{\text{max.зар}} - C_{\text{min.раз}}) / (C_{\text{max.зар}} - C_{\text{min.раз}} (\text{предыдущий цикл})) [3].$$

Таким образом, можно сделать вывод, что литий-ионные аккумуляторы с электродом из композита углеродного аэрогеля/SiC являются наибольшими перспективными материалами

для использования в ЛИА, а перспективы для изучения натрий-серных аккумуляторов менее впечатляющие и значительно дороже.

Список используемых источников:

1. Sleptsov V. V., Kulikov N. K., Lwin K. Z., Shchur P. A., Govorov V. A., & Kukushkin D. Y. Thin-film coating technologies on porous materials for chemical current sources // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — IOP Publishing, 2020. — Т. 868. — №. 1. — С. 012014. DOI 10.1088/1757-899X/868/1/012014

2. Усачева, И. В. Гибридные накопители энергии: проблемы и перспективы технологий хранения энергии / И. В. Усачева, Е. А. Гладкая, С. В. Ландин // Научные труды Вольного экономического общества России. — 2022. — Т. 236, № 4. — С. 149–167. — DOI 10.38197/2072-2060-2022-236-4-149-167. — EDN ESZTIM.

3. Кислинская А.Ю., Цыганков П.Ю., Меньшутина Н.В., Пашкин Е.А., Крюков А.Ю. ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ АЭРОГЕЛЕЙ С ВНЕДРЕННЫМИ ЧАСТИЦАМИ КАРБИДА КРЕМНИЯ КАК МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ // Перспективные технологии и материалы: Материалы Международной научно-практической конференции — 2022. — С. 118–120. — EDN ZLBQAJ.

Гидрофобное фторуглеродное покрытие для полимерных изделий оптоэлектроники, сформированное ионно-плазменным методом при атмосферном давлении

Войтухов М.Р., Аболенцев А.С.

Научный руководитель — к.т.н. Щур П.А.

МАИ, Москва

Полимерные материалы незаменимы в большинстве современных научных разработок. Их недостатки ограничивают продолжительность использования и возможности в изделиях оптики, радиоэлектроники и биомедицины. С целью улучшения эксплуатационных качеств полимерных материалов, а также для модификации поверхности с целью минимизации влияния окружающей среды применяются различные методы и технологии для проведения обработки поверхности и осаждения плёнок из газовой фазы.

Исследование контактного угла смачивания и поверхностной энергии углеродных и фторуглеродных покрытий на ПЭТФ в различных режимах нанесения позволило оценить их свойства.

Контактный угол смачивания (Θ) был использован для определения гидрофобности или гидрофильности покрытий, а также для оценки влияния процессов нанесения и обработки на их характеристики. Углеродные покрытия вызывали гидрофилизацию, хотя химический состав указывал на преимущественное присутствие полярных компонентов. Уменьшение концентрации C_6H_{12} усиливало эффект обработки, снижая контактный угол до 25° . Фторуглеродные покрытия увеличивали гидрофобность до 71° за счет химического и физического воздействия CF_4 на поверхность. Изменение расстояния плазматрон-подложка влияло на развитие гидрофобности и состав поверхностной энергии [1].

При расстоянии плазматрон-подложка 17–19 мм происходит смешение процессов травления и осаждения. Увеличение времени нанесения фторуглеродных покрытий равномерно улучшает слой за счет заполнения пустот. Углеродные покрытия становятся гидрофобными при использовании гелия, но гидрофильными с аргонном. Использование аргона для создания фторуглеродных покрытий на ПЭТФ в матричном режиме с течением времени улучшает гидрофобные свойства поверхности. Изменение контактного угла смачивания (КУС) соответствует росту плотности покрытия при более долгом процессе осаждения. Предполагается, что в течение 11–16 секунд происходят плазмохимические реакции, увеличивающие количество углеродных и водородных групп в покрытии.

Длительное осаждение вызывает усиление травления поверхности с вытеснением слабых связей и уменьшением полярных составляющих у поверхностной энергии. Этот процесс позволяет улучшить гидрофобные свойства покрытия. Разные расстояния между точками

нанесения не сильно влияют на КУС углеродных покрытий, но они изменяют химический состав покрытий [2].

Подложка из монокристаллического кремния также показывает увеличение гидрофобности при нанесении углеродных покрытий. Углеродные покрытия становятся гидрофобными за счет развития рельефа на их поверхности при использовании аргонной плазмы. Увеличение расстояния между точками нанесения усиливает гидрофобные свойства фторуглеродных покрытий на полиэтилентерефталате (ПЭТФ).

Динамическое формирование углеродных покрытий продолжительно и имеет непрерывный характер. Увеличение скорости перемещения сопла плазматрона влияет на гидрофильность углеродных покрытий. Увеличение скорости перемещения и расстояния между плазмотроном и подложкой приводит к процессам обработки и травления без осаждения покрытий из газовой фазы. Шаг обработки влияет на гидрофобность углеродных и фторуглеродных покрытий на ПЭТФ, подобно тому, как это происходит в матричном режиме. Снижение дисперсной составляющей поверхностной энергии у фторуглеродных покрытий указывает на увеличение гидрофобности при увеличении шага обработки. Процесс осаждения газовой фазы низкоэнергетическим плазмотроном при атмосферном давлении формирует гидрофобные или гидрофильные свойства на поверхности полимеров в зависимости от условий осаждения [3].

Список используемых источников:

1. Elinson V. M., Shchur P. A., Rusanova E.V., Shchelkova V.V. ANTIADHESION FLUOROCARBON COATINGS WITH INDUCED SURFACE CHARGE FOR PROTECTION AGAINST BIODEGRADATION //High Temperature Material Processes: An International Quarterly of High-Technology Plasma Processes. — 2023. — Т. 27. — №. 4. — С. 33–38.
DOI: 10.1615/HighTempMatProc.v27.i4.40

2. Щур П.А. Фторуглеродные антиадгезионные покрытия для пролонгированной защиты полимерных материалов от воздействия микроорганизмов в авиации и космонавтике // Тезисы 20-ой Международной конференции «Авиация и космонавтика». — 2021. — С. 532–534.

3. Влияние ионно-плазменной обработки армирующих наполнителей на комплекс свойств ПКМ / Е. Д. Колпачков, П. А. Щур, Е. В. Куршев [и др.] // Вопросы материаловедения. — 2022. — № 1(109). — С. 134-146. — DOI 10.22349/1994-6716-2022-109-1-134-146. — EDN MYTOYG.

Перспективы использования наноструктурированного углеродного волокна для суперконденсаторов

Вольменский Г.Я.

Научный руководитель — Дителева А.О.

МАИ, Москва

Основными параметрами, которые выдвигают для накопителей энергии, является их высокая удельная энергоёмкость и безопасность. За безопасность в суперконденсаторах во многом отвечает выбор электролита. Самым безопасным считаются водные электролиты (такие как КОН, водный раствор H₂SO₄, Na₂SO₄ и т.д.), которые обладают преимуществами высокой ионной проводимости, низкой стоимости, невоспламеняемости, некоррозионности, безопасности и удобной сборки на воздухе по сравнению с органическими электролитами, которые считаются менее электропроводными, дорогими, обычно легковоспламеняющимися и более токсичными. Однако потенциальное окно (~1,2 В) для водных электролитов намного ниже, чем для органических электролитов.

Энергоёмкость суперконденсатора во многом определяют электродные материалы. В настоящее время наибольшую популярность получили углеродные материалы, такие как активированные угли, углеродные нанотрубки, графен и др. Энергоёмкость суперконденсатора прямопропорционально зависит от площади электродного материала. Удельная площадь поверхности перечисленных углеродных материалов находится в диапазоне 2,0–500 м²/г. Удельная площадь поверхности углеродных волокон составляет от

1000 м²/г и выше, что определяет его высокую перспективу использования в качестве электродных материалов суперконденсаторов.

Целью данной работы являлось исследовать перспективы использования высокопористого углеродного волокна и наноструктурированного углеродного волокна в качестве электродных материалов для суперконденсаторов.

Список используемых источников:

1. H. Y. Jin, Z. H. Peng, W. M. Tang and H. L. W. Chan. Controllable functionalized carbon fabric for high-performance all-carbon-based supercapacitors. RSC Adv., 2014, 4, 33022-33028
2. А. Ю. Рычагов, Ю. М. Вольфович, М. А. Воротынцев. Перспективные электродные материалы для суперконденсаторов. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ЭНЕРГЕТИКА. 2012. Т. 12, № 4. С. 167-180
3. Yaokang Lv, Juncheng Wang. Carbonaceous electrode materials for supercapacitor: Preparation and surface functionalization. 2023 Frontiers in Energy Research 10:957032

Исследование влияния типа укладки электродных материалов на параметры суперконденсатора

Гринько Д.В.

Научный руководитель — к.т.н. Дителева А.О.

МАИ, Москва

В настоящее время большинство разработок в области перспективных накопителей энергии посвящено разработке конструкции и технологии изготовления суперконденсаторов. Традиционная толсто пленочная технология их изготовления не дает роста по удельной энергоёмкости, максимальное значение которой у нынешних суперконденсаторов на полимерном электролите составляет 5-10 Втч/кг с рабочим напряжением 2,3-2,75 В.

Данная работа посвящена исследованию различных вариантов укладки электродных материалов суперконденсатора. Исследованные суперконденсаторы изготавливались по тонкопленочной технологии. Электродным материалом являлось высокопористое углеродное волокно «Бусофит» с нанесенным слоем титана. Выбор данного материала обоснован его высокой удельной поверхностью (более 1000 м²/г) и возможностью использованию его в качестве матрицы для заполнения наночастицами различных материалов и формированию наноструктур. Было разработано три варианта укладки электродного материала и исследованы основные параметры ячеек, такие как ёмкость суперконденсатора, внутреннее сопротивление, рабочие токи и напряжение. В качестве электролита применялся водный электролит на основе хлорида натрия и дистиллированной воды, а также неводный электролит из перхлората лития. Исследования параметров ячеек суперконденсаторов выполнялись на лабораторном стенде для исследовательских многоциклических испытаний параметров изготовленных экспериментальных образцов, который также позволил исследовать суперконденсаторы на циклируемость.

Исследования показали, что максимальная удельная энергоёмкость 21 Втч/кг на неводном электролите при рабочем напряжении 4,5 В получилась у суперконденсаторов на неводном электролите с конструкцией «гармошка», что превышает параметры существующих аналогов.

Список используемых источников:

1. N. Melzack, R. G. A. Wills, A. J. Cruden. An environmental perspective on developing dual energy storage for electric vehicles—a case study exploring Al-ion vs. supercapacitors alongside Li-ion. Frontiers in Energy Research, 2024, 11
2. Sanket Bhoyate, a Pawan K. Kaholb and Ram K. Gupta. Nanostructured materials for supercapacitor applications. Nanoscience, 2019, 5, pp. 1–29
3. Sumaiyah Naji, Emre Erdem. Current progress achieved in novel materials for supercapacitor electrodes: mini review. Nanoscale Adv., 2019, 1, pp. 2817–2827

Утилизация и экологические аспекты литий-ионных батарей: анализ и сравнение экологического следа батарей и возможные улучшения

Земсков П.А., Гринько Д.В.

Научный руководитель — к.т.н. Щур П.А.

МАИ, Москва

В современном мире во многих технологиях используются литий-ионные батареи, и в связи с этим растут объемы их утилизации. На сегодняшний день наиболее актуальными являются три метода утилизации: физический (ручной), гидрохимический и пирометаллургический. Кафедра 1204 также активно внедряет исследования по утилизации литий-ионных батарей, и в настоящее время ведется подготовка к проведению таких работ.

Главная экономическая проблема утилизации литий-ионных батарей заключается в том, что стоимость переработки превышает стоимость добычи лития. При физическом методе утилизации процесс переработки происходит в специальном помещении, где поддерживается влажность (0,5%) и температура (21°C). Сначала с помощью специального затворного механизма ячейку повреждают. После чего её вручную или с помощью конвейера разбирают [1]. Главными недостатками такого способа являются: риски взрывоопасности, небольшая производительность.

Для пирометаллургического метода утилизации используют специальную печь, в которой постепенно плавятся все компоненты батареи. Такая печь имеет три зоны нагрева. Максимальная температура в такой печи может достигать 1000°C. Во время её работы все компоненты батареи постепенно переплавляются (в зависимости от температуры плавления) и превращаются в исходный материал. Из недостатков важно отметить, что при данном методе не экономично работать со шлаком, поэтому на сегодняшний день невозможно восстановить литий и алюминий. Также при плавлении в печи теряется значительное количество материала.

При использовании гидрохимического метода используют криогенную камеру, температура в которой достигает -195°C. Это необходимо, чтобы снизить риск возгорания и взрыва. Охлаждённые батареи измельчают и отправляют на дальнейшую обработку [2]. Недостатки: Требуется сортировка батареи по химическому составу анода перед переработкой, достаточно энергоёмкая технология за счёт использования большого количества растворителей и оборудования.

Учитывая все достоинства и недостатки можно сделать вывод, что наиболее эффективным способом утилизаций литий-ионных батарей — гидрохимический метод. Он самый безопасный среди остальных, ячейку на этапе разрядки и демонтажа замораживают. Несмотря на это, как и у всех существующих способов, у него высокая энергоёмкость и значительная потеря исходных материалов [3].

Список используемых источников:

1. Сергиенко, А. А. Проблема утилизации аккумуляторов / А. А. Сергиенко, П. В. Кислова, М. В. Коллистратов // *Modern Science*. — 2022. — № 6-4. — С. 243–246.
2. Каперзов, А. О. Современные технологии в утилизации литий-ионных АКБ / А. О. Каперзов, В. С. Герасимов, С. А. Буряков // *Технический сервис машин*. — 2018. — Т. 133. — С. 42–48.
3. Sleptsov V. V., Kulikov N. K., Lwin K. Z., Shchur P. A., Govorov V. A., & Kukushkin D. Y. Thin-film coating technologies on porous materials for chemical current sources // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. — IOP Publishing, 2020. — Т. 868. — № 1. — С. 012014. DOI 10.1088/1757-899X/868/1/012014

Сравнение параметров покрытий нанометровой толщины, нанесённых в вакууме и при атмосферном давлении

Князев И.А., Войтухов М.Р.

Научный руководитель — к.т.н. Щур П.А.

МАИ, Москва

В современном мире нанотехнологии играют ключевую роль в различных областях, начиная от электроники и оптики, и заканчивая медициной и промышленностью. Одной из важнейших составляющих нанотехнологий является создание тонких пленок нанометровой толщины с уникальными свойствами.

На сегодняшний день покрытия нанометровой толщины используются во многих сферах нашей повседневной жизни, таких как:

- электроника (для создания элементов полупроводниковых устройств, таких как транзисторы, диоды и сенсоры),
- оптика (для создания зеркал, фильтров, линз и других оптических элементов),
- медицина (для создания биосенсоров, антимикробных покрытий, биомедицинских устройств и лекарственных препаратов).

Существует несколько способов нанесения покрытий нанометровой толщины, которые могут использоваться в зависимости от требуемых свойств покрытия и конечного приложения. Это может быть как физическое осаждение паров, так и химическое осаждение из раствора. Первый используется в вакууме и обеспечивает высокую чистоту и плотность пленок, а второй — при атмосферном давлении и включает в себя простоту процесса, низкую стоимость и возможность нанесения пленок на большие поверхности [1].

Понимание различий в свойствах пленок, полученных в вакууме и при атмосферном давлении, позволит оптимизировать процессы производства и создать материалы с улучшенными характеристиками. Появляется необходимость в проведении сравнительного анализа параметров покрытий нанометровой толщины, полученных методами нанесения в вакууме и при атмосферном давлении.

В качестве модельных покрытий были выбраны фторуглеродные антимикробные покрытия. В ходе работы было выявлено, что покрытия, нанесенные в вакууме, имеют более высокие значения толщины (100–300 нм), содержания фтора (30–40 атом.%), гидрофобности (100–120 градусов) и антимикробной активности (99,9% и 99,8% для (*Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*) по сравнению с покрытиями, нанесенными при атмосферном давлении (10–50 нм, 20–30 атом.%, 80–100 градусов, 99,7% и 99,6% для *E. coli* и *S. aureus*). Однако, покрытия, нанесенные при атмосферном давлении, имеют преимущество в более низкой стоимости и более высокой скорости процесса. Кроме того, фторуглеродные покрытия имеют индуцированный заряд поверхности, который влияет на их антимикробные свойства. С утечкой отрицательного заряда антимикробная активность покрытий снижается, но остается достаточной для защиты от биodeградации в течение 12 месяцев [2].

Исследование параметров покрытий нанометровой толщины, нанесенных в вакууме и при атмосферном давлении, представляет собой перспективное направление, которое может помочь в выборе оптимальной среды для нанесения покрытия в зависимости от конкретных требований и задач.

Список используемых источников:

1. Elinson V. M., Shchur P. A., Rusanova E.V., Shchelkova V.V. ANTIADHESION FLUOROCARBON COATINGS WITH INDUCED SURFACE CHARGE FOR PROTECTION AGAINST BIODEGRADATION //High Temperature Material Processes: An International Quarterly of High-Technology Plasma Processes. — 2023. — Т. 27. — №. 4. — С. 33–38. DOI: 10.1615/HighTempMatProc.v27.i4.40

2. Щур, П. А. Технология формирования антимикробных фторуглеродных покрытий с углеродным подслоем на поверхности полимеров / П. А. Щур, В. М. Елинсон // Вакуумная наука и техника : Материалы XXVII научно-технической конференции с участием зарубежных специалистов Крым, Крым, Судак, 14–19 сентября 2020 года. — Москва: НОБЕЛЛА, 2020. — С. 232-240. — EDN YLHFQS.

Влияние внешней среды на покрытия нанометровой толщины

Лютенко М.Б., Войтухов М.Р.

Научный руководитель — к.т.н. Щур П.А.

МАИ, Москва

В современном мире покрытия нанометровой толщины играют важную роль. Теплозащита, терморегуляция, защита от эрозии, защита от действий микроорганизмов и химического воздействия значительно увеличивают ресурс использования любого изделия, что очень ценится сегодня в авиационной и ракетно-космической технике. Перед нанесением покрытия на изделие проводится серия испытаний с целью определения условий, в которых оно проявит наибольшую и наименьшую устойчивость.

К внешним средам, в которых проверяется на износостойкость каждое покрытие нанометровой толщины, относятся:

- Вакуум (проверяется долговечность покрытия, его реакция на различное излучение)
- Газообразная среда (сухой и влажный климат, высокие и низкие давление и температура, обветривание и эрозия)
- Жидкая среда (коррозия из-за состава воды или другой жидкости, смена давлений в зависимости от глубины)

Металлические материалы часто подвергаются механическим испытаниям на растяжение, удар и усталость для определения их прочности, пластичности и долговечности, а также неразрушающим методам, таким как рентгенография и ультразвуковой контроль, для выявления внутренних дефектов. Полимеры также тестируют на механическую прочность, но важную роль играют термические характеристики, изучаемые методами дифференциальной сканирующей калориметрии и термогравиметрии, рассматривающие поведение материала при изменении температуры. В процессе сравнения металлы и полимеры принципиально различаются по механическим и термическим свойствам, что играет ключевую роль в их прикладном использовании: металлы предпочтительны для применений, требующих высокой прочности и термостойкости, тогда как полимеры выбирают в областях, где требуются легкость, гибкость и хорошая деформационная способность [1].

Эксперименты с нанопокрывтиями также проводятся на реальных микроорганизмах, которые образуют колонии на антимикробных покрытиях. В литературных научных источниках выделяются наиболее значимые факторы окружающей среды, имеющие деструктивное влияние на материал: это ультрафиолетовое излучение, относительная влажность и температура окружающей среды [2]. В ходе исследования было проанализировано старение материалов под воздействием внешней среды и борьба с ним с помощью нанопокровтий. Наиболее распространены испытания образцов в коррозионной среде при статическом нагружении для оценки стойкости к коррозионному растрескиванию или последовательное коррозионное воздействие и усталостные испытания. В некоторых случаях используется метод погружения в солевой раствор во время усталостных испытаний или нанесения повреждений, пропуска электрический ток через образец [3].

И для обеспечения надежной защиты рациональным подходом является использование антиадгезионных гидрофобных покрытий, реализуемых на основе фторуглеродных наноструктурированных пленок [4]. Таким образом, внешняя среда может быть «продублирована» в лабораторных условиях для изучения стойкости материала и нанопокровтий, что даёт хороший рывок в развитии этой сферы в науке и технике.

Список используемых источников:

1. Насакина Е. О. и др. Методы исследования коррозионной стойкости медицинского сплава титанол с эффектом памяти формы. Способы изменения коррозионной стойкости //Перспективные материалы. — 2014. — №. 9. — С. 19–33.
2. Каблов Е. Н., Старцев О. В. Фундаментальные и прикладные исследования коррозии и старения материалов в климатических условиях (обзор) //Авиационные материалы и технологии. — 2015. — №. 4 (37). — С. 38–52.
3. ГОГОЛИНСКИЙ К., СЯСЬКО В. Микро-и нанометровые покрытия //ТехНадзор. — 2013. — №. 8. — С. 85–87.

4. Elinson V. M., Shchur P. A., Rusanova E.V., Shchelkova V.V. ANTIADHESION FLUOROCARBON COATINGS WITH INDUCED SURFACE CHARGE FOR PROTECTION AGAINST BIODEGRADATION //High Temperature Material Processes: An International Quarterly of High-Technology Plasma Processes. — 2023. — Т. 27. — №. 4. — С. 33–38.

Использование чистых и сухих помещений для сборки аккумуляторных систем

Ляхов П.А., Гринько Д.В.

Научный руководитель — к.т.н. Щур П.А.

МАИ, Москва

Аккумуляторные системы стали незаменимым элементом в повседневной жизни, от электроники и мобильных устройств до автомобилей и солнечных батарей. Эти системы представляют собой энергетические хранилища, способные накапливать и выдавать электрическую энергию по требованию. В настоящее время аккумуляторы приобретают все большую популярность в связи с развитием электромобильной индустрии и повышенным интересом к возобновляемым источникам энергии [1].

Производство аккумуляторов требует проведения некоторых этапов обработки в сухом помещении, где содержание влаги должно оставаться ниже 100 частей на миллион. Чистые и сухие помещения являются необходимым требованием для сборки аккумуляторных систем. Использование чистых помещений помогает предотвратить воздействие пыли, микрочастиц и других загрязнителей, которые могут негативно сказаться на качестве сборки и производительности аккумуляторных систем. Производство литиевых аккумуляторов — сложный процесс, который сильно зависит от параметров микроклимата. Рабочие процессы должны происходить в сухих помещениях, где жёстко контролируются температура и точка росы. Конструкция и эксплуатация такого сухого помещения увеличивает стоимость батареи [2].

Использование чистых и сухих помещений является неотъемлемым условием для эффективной сборки аккумуляторных систем. Чистота и сухость помещений играют ключевую роль в обеспечении высокого качества и долговечности аккумуляторов, а также безопасности и надежности работы системы в целом [3].

При написании статьи, автор так же принял участие в сборке АКБ в чистой комнате. Сборка была проведена на основе материалов, созданных по тонкопленочной технологии, где из-за того, что материалы являются высокопористыми, влияние внешней среды при сборке ещё больше влияет на безопасность литий ионной ячейки и её характеристики [4].

Список используемых источников:

1.САДОВНИКОВ А.В., МАКАРЧУК В.В. ЛИТИЙ-ИОННЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ [Текст] / САДОВНИКОВ А.В., МАКАРЧУК В.В. // МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ. — 2016. — № 23 (127). — С. 84–89.

2.Ahmed, S., Nelson, P. A., & Dees, D. W. (2016). Study of a dry room in a battery manufacturing plant using a process model. Journal of Power Sources, 326, 490–497. doi:10.1016/j.jpowsour.2016.06.107

3.Marcus Vogt;Klemens Koch;Artem Turetskyy;Felipe Cerdas;Sebastian Thiede;Christoph Herrmann; (2021). Model-based energy analysis of a dry room HVAC system in battery cell production. Procedia CIRP, (), -. doi:10.1016/j.procir.2021.01.023

4.Sleptsov V. V., Kulikov N. K., Lwin K. Z., Shchur P. A., Govorov V. A., & Kukushkin D. Y. Thin-film coating technologies on porous materials for chemical current sources //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. — IOP Publishing, 2020. — Т. 868. — №. 1. — С. 012014. DOI 10.1088/1757-899X/868/1/012014

Исследование возможности получения коллоидного раствора гидроксида железа электроискровым диспергированием материалов

Мальцев Т.Г.

Научный руководитель — к.т.н. Савкин А.В.

МАИ, Москва

Электроника, пожалуй, одно из самых быстроразвивающихся направлений в науке и технике. За последние сто лет был пройден колоссальный путь от неказистых электронно-вакуумных приборов до аппаратных платформ, позволяющих реализовать функции искусственного интеллекта.

Одним из ключевых факторов интенсивного прогресса в электронике послужили успехи в развитии электротехнического материаловедения. Сейчас, на экваторе 1-й половины XXI века, взоры исследователей направлены на наноматериалы, как на следующую успешную ступень развития электротехнического материаловедения. Способы и технологии получения наноматериалов, нанопорошков и наночастиц являются объектом исследований многих ученых по всему миру.

В данной работе мы провели исследования возможности получения коллоидных систем наноразмерного гидроксида железа, а также наночастиц и нанопорошков оксида железа с использованием установки электроимпульсного управляемого получения наночастиц токопроводящих материалов (патент на изобретение RU 2756189 от 28.09.2021). Полученный наноматериал может найти применение для создания накопителей энергии, суперконденсаторов, устройств магнитной записи и много другого.

Как правило, в исследованиях по получению порошковых наноматериалов методом электроискровой эрозии (EDM) все исследователи стремились использовать инертную жидкую диэлектрическую среду для получения частиц чистых материалов такого же состава, как и диспергируемый токопроводящий материал. В свою очередь, в рамках данного исследования мы выдвинули гипотезу, что проведение процесса электроискрового диспергирования железа или его сплавов в водной среде при небольших энергиях разрядного импульса может привести к образованию наноразмерных частиц гидроксида железа, которые образуют в водной среде коллоидный раствор (гидрозолей).

Таким образом, для проверки гипотезы, в качестве рабочей жидкости диэлектрической среды при проведении процесса электроискрового диспергирования была взята дистиллированная вода. Используемая для экспериментов установка имеет два диспергируемых вращающихся относительно друг друга электрода, которые мы решили изготовить из одного и того же материала. При этом, во избежание загрязнения получаемого коллоидного раствора продуктами коррозии железа, в водной среде было принято решение использовать в качестве диспергируемого материала нержавеющие сплавы железа. Для экспериментов был выбран более доступный для нас сплав 12X18H10T.

Первоначально эксперименты по электроискровому диспергированию сплава железа в дистиллированной воде проводили с настройками установки, которые ранее обеспечивали получение стабильных гидрозолей серебра с минимальной дисперсии размеров наночастиц. Для проведения экспериментов, после установки изготовленных электродов из выбранного сплава, на 1-м этапе была проведена их приработка с целью получения стабильного значения межэлектродного зазора при взаимном вращении. Далее в каждом следующем эксперименте реактор установки заполняли дистиллированной водой из одной и той же партии и одной и той же емкости и проводили диспергирование электродов течение разных интервалов времени от 5 до 120 минут. На один эксперимент использовалось 600 миллилитров дистиллированной воды: данный объем обеспечивает полное покрытие межэлектродного зазора жидким диэлектриком в установке.

Результатом первых опытов стало получение серии гидрозолей с различной концентрацией частиц диспергируемых электродов. Концентрация частиц в растворе была прямо пропорциональна длительности процесса диспергирования.

Для первоначального исследования полученных гидрозолей проводилось измерение спектров их поглощения непосредственно сразу после их получения, а также после их

выдержки в лабораторных условиях в течение различных периодов времени. Для измерения спектров поглощения использовался спектрофотометр «PhotoLab 6600 UV-VIS». Проведенные измерения позволили установить, что в получаемых гидрозолях не происходит сколь либо активных химических процессов и процессов агломерации наночастиц гидрозоля.

Химический анализ состава полученных гидрозолей показал, что в них отсутствуют ионы железа, а полученные при диспергировании электродов наночастицы представляют собой гидроксид железа (III). Для оценки размеров полученных наночастиц использовались методы электронной микроскопии, на основании которых было установлено, что большая их часть имеет размеры в диапазоне 5-10 нанометров.

В дальнейшем проведены эксперименты, направленные на исследование влияния параметров процесса электроискрового диспергирования на свойство получаемых гидрозолей и наночастиц, и полученных из гидрозолей нанопорошковых материалов. Установлены параметры, оказывающие влияние как на сам процесс диспергирования, так и на свойства получаемых материалов.

Исследование влияния смещения магнитов МПФС и несоосности электронной пушки на токопрохождение ЛБВ

Рахматулин М.В., Шалашова Д.Л.

Научный руководитель — к.т.н. Чигуров И.О.

АО «НПП Алмаз», Саратов

В настоящее время в отечественной радиоэлектронике наблюдается тенденция по расширению номенклатуры ламп бегущей волны (ЛБВ) для бортовой аппаратуры космических связанных ретрансляторов. Одновременно с этим происходит переход к более коротковолновым диапазонам длин волн. Вследствие такого перехода уменьшаются диаметр пролетного канала ЛБВ (внутренний диаметр спирали замедляющей системы (ЗС)). Диаметр пролетного канала ЛБВ миллиметрового диапазона длин волн в 1,5–2 раза меньше, чем диаметр пролетного канала ЛБВ сантиметрового диапазона.

При изготовлении ламп бегущей волны, возможно появление несоосностей между электродами электронной пушки. Также ЛБВ проходят через ряд операций, среди которых одной из важнейших является предварительные динамические испытания (ПДИ), в процессе которых подбирается режим работы изделия и производится юстировка электронного потока. Во время юстировки ЛБВ, посредством корректировки магнитного поля, добиваются максимального уровня токопрохождения, который показывает какая доля электронов достигла коллектора и осталась в нем [1].

Корректировка магнитного поля происходит путем изменения азимутального положения магнитов, с целью изменения направления составляющих магнитной индукции, и установки магнитных шунтов. Для фиксации настроенной магнитной системы, после проведения операции ПДИ, проводят заливку магнитной периодической фокусирующей системы (МПФС) компаундом.

После нанесения компаунда на лампу бегущей волны происходит его физико-механическое взаимодействие в области МПФС с магнитами, полюсными наконечниками и магнитными шунтами. При этом образуется гетерогенная система элементов ЛБВ и компаунда, связанная силами адгезии компаунда, который в жидком состоянии проникает в зазоры между магнитами МПФС и полюсными наконечниками, покрывает собой магнитные шунты.

Во время отвердевания компаунда происходит изменение равновесных межмолекулярных расстояний, что приводит к изменению его объема, происходит усадка. Детали МПФС ЛБВ, при этом, по отношению к компаунду являются инородными элементами. Данный процесс приводит к возникновению «усадочных напряжений» [2]. Так как между магнитами и наконечниками лампы бегущей волны присутствует гарантированный зазор, внутрь которого проникает компаунд, «усадочные напряжения» вызывают смещение магнитов и магнитных шунтов. Эти смещения имеют случайный и не прогнозируемый

характер. Зачастую это приводит к ухудшению токопрохождения ЛБВ и к необходимости дополнительной юстировке изделия.

Целью настоящей работы является исследование влияния смещения магнитов в результате отвердевания компаунда, а также несоосности электронной пушки на юстировку электронного потока.

В докладе приведены результаты трехмерного компьютерного моделирования траекторий электронного потока, выполненного в системе автоматизированного проектирования (САПР) CST Studio Suite методом декомпозиции.

Показано, что незначительные смещения магнитов, возникающие в результате «усадочных напряжений» появившихся после отвердевания компаунда, а также несоосности электродов пушки электронов вызывают значительные отклонения электронного потока от оси прибора.

Список используемых источников:

1. Рахматулин, М. В. Особенности технологических процессов корректировки параметров магнитного поля в лампах бегущей волны миллиметрового диапазона длин волн юстировкой магнитной периодической фокусирующей системы на этапе предварительных динамических испытаний / М. В. Рахматулин, А. А. Белова, Д. А. Бужинская // Гагаринские чтения–2023 : Сборник тезисов докладов XLIX Международной молодежной научной конференции, Москва, 11–14 апреля 2023 года. — Москва: Издательство «Перо», 2023. — С. 400–401

2. Галушко А. И. Внутренние напряжения в герметизирующих компаундах радиоэлектронной аппаратуры. — Советское радио, 1974.

Наиболее эффективные методы переработки Li-ion аккумуляторов

Черняева М.Ю., Козлова Т.С., Черняева И.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шведов А.В.

МАИ, Москва

Спрос на литий-ионные аккумуляторы (ЛИА) достигается за счет следующих особенностей лития: это самый легкий металл, обладающий высокими показателями энергетической плотности и электрохимического потенциала [1]. Сами аккумуляторы обладают рядом преимуществ: сравнительно низкий процент саморазряда, отсутствие «эффекта памяти» (ЛИА можно заряжать ниже номинальной ёмкости, не снижая ёмкость аккумулятора), сохранение рабочего состояния в относительно большом спектре температур. ЛИА могут полноценно функционировать в различных формах корпуса: цилиндрической, призматической и в мягкой форме. Основной недостаток ЛИА — это взрывоопасность, однако при правильной эксплуатации риски сведены к минимуму [2].

Для получения лития и дальнейшего его использования в аккумуляторах существует ряд проблем: сравнительно небольшое содержание лития в земной коре (0,002% от общего количества элементов) [3], тяжелый технический процесс для его добычи, сопровождающийся негативным влиянием на экологию [1]. Решением данной проблемы является переработка ЛИА, которая поможет решить еще одну важную экологическую проблему — утилизацию ЛИА. В данной работе будут рассмотрены 3 основных метода переработки ЛИА: механический, пирометаллургический, гидрохимический.

Механический метод заключается в том, что после процесса полной электрической разрядки, для снижения вероятности возгорания, производится разрядка и деградация аккумулятора в растворе солей. Далее компоненты ЛИА подвергаются механическому дроблению и сушке с последующей сепарацией при помощи воздушных центрифуг [1]. После измельчения активный материал (катод, анод) и прочие (Al, Cu) разделяются с использованием разницы в плотности и магнитных свойствах. Также можно отметить два дополнения к механическому методу: в первом после разрядки аккумулятор помещают в растворитель, так получается более чистый материал катода за счет растворения содержащейся на нем фольги; во втором же идет прокаливание материала катода. В результате сильного нагрева (150 — 500°C) высвобождается углерод и фольга с катода отделяется лучше [1].

Одним из главных плюсов механического метода является то, что продукты сразу готовы к дальнейшему использованию. Однако есть и ряд недостатков: аккумуляторы необходимо отсортировать по типам, процесс должен проходить в специальных условиях при температуре 21°C и относительной влажности воздуха 0,5% из-за взрывоопасности лития [2].

Основой пирометаллургического метода является последовательное нагревание ЛИА. Сначала происходит испарение электролита, потом нагрев до 700°C и испарение полимерных материалов. Дальнейшее нагрев приводит к получению итогового продукта переработки — металлов. Все остальные элементы, в том числе и литий, превращаются в шлак [2].

Плюсами этого метода, является отсутствие необходимости сортировки аккумуляторов. Однако литий остаётся в шлаке, который придётся отдельно переработать для его получения.

Гидрохимический метод является одним из самых популярных методов переработки. Процесс начинается с охлаждения аккумуляторов в криогенной камере, что предотвращает возможность взрыва ЛИА, также корпус становится более хрупким, что упрощает измельчение аккумулятора. После идет фильтрация от мусора и измельчение лития с добавлением состава солей, в результате образуются соединения LiCl, LiCO₃ и LiSO₃. Шаровая мельница разделяет образовавшиеся соли от собранных вместе частиц металла и пластика. Отделившийся металл и пластик разделяются с помощью магнитной сепарации. В тоже время, получившийся раствор солей участвует в различных физико-химических реакциях. На выходе удается получить не только литий, но и другие составляющие аккумулятора [1, 2].

Для повышения чистоты электродного материала из ЛИА можно предварительно извлечь электрод, который далее пройдет ультразвуковую обработку. Ультразвуковой волновой высокой мощности (1000 — 2000 В) разрушает адгезионные связи между активными материалами и токоприемниками, что приводит к установлению неповрежденного токосъемника и порошкообразного активного материала [4].

Гидрохимический метод сложный, длительный и дорогостоящий из-за большого количества технологических процессов, но в результате перерабатываются почти все элементы аккумулятора с высокой чистотой материалов. Однако для этого необходимо предварительно отсортировать аккумуляторы.

Из всего сказанного можно сделать вывод, что на сегодняшний день ведутся активные разработки методов переработки ЛИА, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Необходимо продолжать изучать вопрос переработки ЛИА, ведь это влияет не только на экономическую, но и на экологическую составляющую современного мира.

Список используемых источников:

1. Technologies of lithium recycling from waste lithium ion batteries: a review Hyuntae Bae a and Youngsik Kim. URL: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2021/ma/d1ma00216c>
2. Сергиенко А. А., Кислова П. В. Колитаров М. В. Проблема утилизации аккумуляторов // Журнал: MODERN SCIENCE- номер: 6-4. — 2022. — С. 243–246.
3. Пяткова И.А., Клюкман М.В. Литий: добыча и её ущерб экологии // EUROPEAN RESEARCH: сборник статей XXXIII Международной научно-практической конференции. — 2021. — С. 89–91.
4. Lithium ion battery recycling using high-intensity ultrasonication. URL: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2021/gc/d1gc01623g>

Влияние дефектов узлов и деталей вывода энергии ЛБВ на уровень КСВН

Шалашова Д.Л.

Научный руководитель — к.т.н. Чигуров И.О.

АО «НПП «Алмаз», Саратов

В спутниковых радиосистемах в основном используются усилители на лампах бегущей волны (ЛБВ). Следует отметить, что после появления мощных СВЧ монолитных микросхем на базе GaN (галлий-нитридных) технологий (ММИС-GaN) усилилась тенденция перехода к усилителям на транзисторах. Однако, анализ характеристик современных ЛБВ и ММИС-GaN усилителей показывает, что переход к усилителям на транзисторах в настоящее время

возможен лишь в С-, L- и X-диапазонах частот. При этом для усилителей Ку-диапазона частот и выше переход на транзисторные усилители в ближайшее время маловероятен [1]. Поэтому, в настоящее время, перед отечественными разработчиками ЛБВ космического применения (предприятие АО «НПП «Алмаз», г. Саратов) стоит задача по расширению номенклатуры изделий для бортовой аппаратуры космических связных ретрансляторов Ку-диапазона частот и выше, спрос на которые резко увеличился.

Одним из важнейших параметров ЛБВ, наряду с выходной мощностью, коэффициентом полезного действия (КПД) и коэффициентом усиления, является коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) входа и выхода ЛБВ в «холодном» режиме. В технических заданиях (ТЗ) на разработку современных ЛБВ требования к этому параметру сильно ужесточаются. Одновременно с этим, в связи с увеличением рабочей частоты изделий, происходит уменьшение геометрических размеров узлов и деталей. При этом уменьшение качества допусков на детали ЛБВ, из-за технических возможностей обрабатывающих станков, становится невозможным.

В процессе производства ЛБВ было установлено, что из-за большого количества малогабаритных переходов с разными волновыми сопротивлениями, процент выхода годных изделий по уровню КСВН является низким и достигает не более 20%.

Целью настоящей работы является оценка влияния на уровень КСВН допусков на геометрические размеры деталей, а также дефектов и отклонений от конструкторской документации (КД) деталей и узлов ввода и вывода ЛБВ.

В докладе представлены результаты трехмерного электромагнитного моделирования в программе Ansys HFSS ввода энергии ЛБВ Ка-диапазона частот. Приведены сведения о наиболее часто встречающихся дефектах и отклонениях от КД при изготовлении узлов и деталей входа и выхода ЛБВ. Рассмотрено их влияние на уровень КСВН в «холодном» режиме. Установлено, что наибольшее влияние оказывает щель в паяном соединении, образующаяся при не плотном прилегании деталей волноводной и коаксиальной частей вывода энергии ЛБВ друг к другу, в плоскости перпендикулярной оси вывода энергии. Наличие такой щели меняет геометрию трансформатора типов волн, в результате чего уровень КСВН резко возрастает. Показано, что совокупность отклонений, которые по отдельности не вносят значительные изменения на уровень КСВН, может приводить к высокому уровню КСВН и забракованию изделия.

Список используемых источников:

1. Кондрашов, А.С. Состояние и перспективы ЛБВ и транзисторных усилителей в бортовых радиотехнических комплексах космических аппаратов / А.С. Кондрашов, Е.П. Миничева, В.М. Рожков // 65 лет деятельности на рынке СВЧ-электроники: итоги и современные тенденции. Материалы юбилейной научно-технической конференции АО «НПП «Алмаз». Саратов: Саратовский государственный технический университет, 2022. — С. 68–70.

Влияние методов получения рисунка топологии и длины испарителя на разброс величины сопротивления и ТКС тонкоплёночных резисторов

Шепелева А.Э., Новичков М.Д.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Печерская Е.А.

ФГБОУ ВО «ПГУ», Пенза

Существенным фактором, влияющим на температурную стабильность резистора, изготовленного по технологии тонкоплёночной микроэлектроники, является неоднородность структуры, получаемой методами вакуумного напыления [1]. На однородность свойств напыленной плёнки могут оказывать влияние различные факторы.

Величина разброса параметров плёнок может зависеть от метода получения рисунка [2].

Меньший разброс величины сопротивления резисторов обычно даёт фотолитография, поскольку маска не всегда плотно прижимается к подложке, в результате чего происходит подпыление испаряемого материала, приводящее к изменению величины сопротивления.

Для сравнения методов были напылены две партии плёнок металлосилицидного сплава К-20С. Напыление в едином технологическом цикле гарантировало достоверность результатов при сравнении методов.

Так, метод фотолитографии позволил получить меньший разброс параметров резисторов. Подпыление при таком методе полностью исключается, а погрешность в большей степени определяется физическими возможностями степпера и фоторезиста и при высоком технологическом оснащении может быть сведена до пренебрежимо малых значений.

Длина испарителя, расстояние до подложек также влияют на однородность параметров получаемой плёнки [3].

Проверку влияния размеров испарителей производили для трёх значений длин — 105, 145 и 250 мм. Разброс параметров оценивали по всем 45 резисторам, расположенным на подложке.

Так, при всех длинах испарителей получены почти одинаковые величины разброса ТКС по поверхности подложки. Поскольку напыление с удлинённых испарителей не дало лучших результатов, наиболее пригодным был признан испаритель длиной 105 мм. По отношению к длинным испарителям он приводит к меньшему разогреву элементов рабочей камеры. Благодаря этому уменьшается газовыделение внутри рабочего объёма, что способствует улучшению воспроизводимости результатов.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, проект «Синтез и исследование перспективных наноматериалов, покрытий и устройств электроники» (FSGE-2024-0004)

Список используемых источников:

1. А.В. Афанасьев, В.А. Ильин, А.В. Корляков, А.О. Лебедев, В.В. Лучинин, Ю.М. Таиров. В сб.: Физика и Технология микро- и наносистем / Под ред. В.В. Лучинина и В.В. Малиновского. Русская коллекция, СПб. (2011). С. 50.

2. Готра З. Ю. Технология микроэлектронных устройств: Справочник. — М.: Радио и связь, 1991. — 528 с.: ил.

3. Мокров Е.А., Волохов И.В., Герасимов О.Н., Крысин Ю.М. Проектирование датчиков на основе тонкопленочных технологий: учебное пособие. — Пенза: ПГУ, 2007. — 79 с.

Направление №5 Ракетные и космические системы

Секция №5.1 Проектирование, производство и эксплуатация ракетно-космических комплексов

Проект космического аппарата для решения задач информационного обеспечения и управления изделиями РКТ

Андреев Р.А., Огольцев Н.В., Мергурьев И.А.

Научный руководитель — Пазычев Д.Б.

АО «ЦЭНКИ» — «НИИ ПМ им. академика В.И. Кузнецова», Жуковский

В современной космической отрасли для обеспечения обмена информацией и мониторинга различных изделий ракетно-космической техники (РКТ), таких как беспилотные космические аппараты (КА), космические станции, ракеты-носители и т.д., в нашей стране созданы центры управления, а также наземные станции управления и приема информации, расположенные на территории Российской Федерации. Данная система управления отличается высокой надежностью и производительностью, но не способна обеспечить постоянный контроль и получение (передачу) данных об объектах РКТ на всех участках их орбитального движения. С увеличением количества отечественных космических аппаратов растет спрос на универсальную и непрерывную систему мониторинга и информационного обмена.

Оптимальным решением для повышения надежности и скорости обмена информацией может являться создание собственной системы космического наблюдения и передачи информации. Для обеспечения глобального охвата околоземного космического пространства аппараты планируется запускать на различные орбиты: геостационарную и высокоэллиптическую. В будущем государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос» планирует осуществить запуски на полярные орбиты множества отечественных космических аппаратов, в частности для социально-экономических целей (космический аппарат «Скиф», а также программа «Сфера» в целом), и свою собственную орбитальную космическую станцию. На полярных орбитах должна быть создана ретрансляционная система, обеспечивающая управление и получение/передачу информации с этих и других типов космических аппаратов.

Основная идея предлагаемой системы — отправить на орбиту с большим эксцентриситетом, которая будет выбрана наиболее пригодной для обслуживания околоземного космического пространства, не менее трех космических аппаратов; и четырех космических аппаратов на геостационарную орбиту. Все аппараты, выводимые на эти орбиты, будут иметь высокий уровень унифицированы на достаточном уровне или, по крайней мере, настолько схожи, что их различия, по существу, будут заключаться лишь в запасах топлива и комплектующих оборудования полезной нагрузки, в зависимости от выбранного типа орбит.

Для обеспечения глобального наблюдения и ускорения связи между компонентами системы все спутники должны быть интегрированы в единую информационную сеть с использованием высокоскоростных каналов связи не только в пределах одной орбиты, но и между разными орбитами. Такой подход к взаимодействию между изделиями позволит увеличить передачу информации от абонентов к потребителям в среднем на 2 порядка, а также значительно облегчит и оптимизирует управление системой в целом.

Запуск предлагаемого изделия планируется осуществлять на ракетах-носителях семейств «Союз-5» и «Ангара-А5В». Энергетические возможности этих ракет-носителей позволят выводить космические корабли на орбиты обоих типов. Учитывая характеристики и размеры обтекателя полезной нагрузки, «Ангара-А5В» позволит запускать две аппарата за один запуск

Для решения указанных задач предназначен космический аппарат типа «Апогей»: его масса не должна превышать 2500 килограммов, а ограничения по размерам установлены в пять метров в длину и четыре метра в ширину (с учетом сложенных солнечных панелей). Кроме того, эффективный период работы данного изделия должен превышать 15 лет, за счет реализации системы технического обслуживания во время космического полета, а также включать в себя множество резервных элементов в составе критически важных компонентов устройства.

При реализации всех вышеперечисленных функций данная спутниковая система управления и ретрансляции позволит контролировать полет и вести информационный обмен с большинством российских и зарубежных изделий РКТ. Ввод в эксплуатацию описанной системы повысит скорость передачи информации и упростит процесс отправки информации из космоса на наземные станции независимо от их местонахождения. Также повысится надежность информационной системы за счет многократного резервирования в виде группировки космических аппаратов типа «Апогей».

Список используемых источников:

1. Модификация орбиты «Тундра» для обслуживания территории России и анализ ее устойчивости//Технологии и средства радиосвязи URL: <http://lib.tsonline.ru/articles2/sputnik/modifikatsiya-orbity-tundra-dlya-obslyuzhivaniya-territorii-rossii-i-analiz-ee-ustoychivosti> (дата обращения: 10.02.2023).

2. Н.А. Тестоведов, В.Е. Косенко, Ю.Г. Выгонский, А.В. Кузовников, В.А. Мухин, В.Е. Чеботарев, В.Г. Сомов. Космические системы ретрансляции. — М.: Радиотехника, 2017.

3. Optical PAlayload for Lasercomm Science (OPALS) — 12.06.17. [Интернет-ресурс]: https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/861.htm

Расчет взрывных нагрузок и действия этих нагрузок на конструкцию стартового сооружения РКК «Ангара»

Анисимов А.И., Кукса Д.В., Перевезенцева К.О.

Научный руководитель — к.воен.н. Костенко В.А.

МАИ, Москва

Развитие космической деятельности России неотрывно связано с проблемами и задачами эксплуатации и улучшения наземной космической инфраструктуры. Успешное выведение полезной нагрузки на орбиту стало возможным благодаря созданию таких новых ракетно-космических комплексов (далее РКК) семейства «Ангара».

Семейство ракет-носителей (далее РН) «Ангара» предназначена для замены существующих типов РН. «Ангара-А5» — российская ракета-носитель тяжёлого класса, первая тяжёлая ракета-носитель. Первый пуск ракеты-носителя «Ангара-А5» с космодрома Восточный пройдёт в апреле – июне 2024 года. В «Ангаре» будет использоваться экологически чистое топливо на основе керосина, в качестве окислителя будет выступать жидкий кислород.

Но, как и в любой человеческой деятельности, существуют всевозможные риски возникновения аварий во время эксплуатации. Следовательно, вопрос исследования воздействия взрывных нагрузок при авариях на инфраструктуре космодрома, в частности на конструкции стартового сооружения, актуальна.

В работе учтены факторы как при наземной подготовке ракеты «Ангара-А5» к пуску, так и на этапах её старта и полета. Проведен условный расчет взрывных нагрузок на стартовое сооружение РКН «Ангара-А5», при детонации компонентов ракетного топлива при разрушении РН и взрывной волны.

В работе также были оценены риски, которые могли возникнуть в нештатных ситуациях и при аварии на стартовом комплексе.

Кроме оценки воздействия самой ракеты-носителя тяжелого класса, также проведена оценка воздействия разгонного блока на токсичных компонентах ракетного топлива «Бриз-М» на конструкции стартового сооружения.

Список используемых источников:

1. Галеев А.Г., Золотов А.А., Родченко В.В. Эксплуатация стартовых комплексов ракетно-космических систем Под ред. д-ра техн. наук А.Н.Перминова. — Москва : МАИ, 2007. — 347 с.
2. Кукушкин И.О., Лагун А.В., Гравченко Ю.А. Наземное технологическое оборудование РКК: Электрон. текстовые дан. (4,0 Мб) — СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2017.
3. Козлов В.В., Кукушкин И.О., Лагун А.В., Мокан Д.О. Стартовая система 8y0215 — Электрон. текстовые дан. (3,0 Мб) — СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2016.

Космические солнечные и ядерные электростанции как возможные варианты чистой энергии будущего

Валтерос Рубио Мария Паула

Научный руководитель — к.т.н. Бечаснов П.М.

МГТУ им Н.Э Баумана, Москва

Основными источниками энергии являются нефть, природный газ, уголь, атомные и гидроэлектростанции. Менее 1% используемой энергии поступает из нетрадиционных источников, таких как ветер, солнце, прилив и другие.

Однако, проблема заключается в том, что традиционные источники энергии наносят серьезный ущерб экосистемам и их запасы ограничены.

Рассматриваются два возможных решения: использование ядерных реакторов в космосе и использование КСЭС (космических солнечных электростанций). Оба предложения объединены передачей энергии на Землю. Изучены возможные типы передачи СВЧ и лазерное излучение, для которых необходимо предусматривать условия безопасности и точности в том время, как и КПД. Рассмотрены проблемы передачи энергии на землю, в которых входят: эффективность лазерного луча, эффективность микроволнового луча, лучевая прочность атмосферы.

По сравнению с ядерной электрической установкой, КСЭС имеют существенные преимущества, по простоте конструкции, экологически чисты

выигрывают по стоимостным характеристикам при крупномасштабном производств.

Сложностью для КСЭС и ядерного реактора являются: выведение на орбиту, сборка конструкции в космосе, увеличение КПД и уменьшение стоимости конструкции. Предлагаемые пути решения это использование центробежных бескаркасных космических конструкций или создание групп взаимосвязанных космических аппаратов (КА), получивших наименование кластеров.

На основе вышесказанного, можно сделать вывод, что создание КСЭС является более безопасной и экономической идеей по сравнению с ядерным реактором, имеет более простую конструкцию.

Список используемых источников:

1. Сысоев В.К., Пичахдзе К.М., Грешилов П.А., Верлан А.А. Солнечные космические электростанции: пути реализации. М.: МАИ-ПРИНТ, 2013. 160 с.
2. Г.Г. Райкунова, Космические солнечные электростанции — проблемы и перспективы. РУДН, 2017. 284 с.
3. В. Розария, Р. Валентино, Б. Джузеппе [и др.], Применение солнечной энергии в космосе: обзор и технологии перспективы // Advanced energy materials — 2022. — С. 19–23

Создание цифровой модели генератора электростатического разряда для проведения испытаний космической техники на электромагнитную совместимость

Васнева С.А.

Научный руководитель — Коробовский А.В.

МАИ, Москва

Согласно ГОСТ 16504-81 испытания являются экспериментальным определением количественных и (или) качественных характеристик свойств объекта испытаний как результата воздействия на него, при его функционировании, при моделировании объекта и (или) воздействий [1]. Известно, что при разработке современной ракетно-космической техники (РКТ) примерно до 40% всех проблем, возникающих на этапе проектирования, решаются именно с помощью испытаний [2]. С учетом того, что в настоящее время прослеживается тенденция микроминиатюризации бортовых устройств объектов космической техники и внедрения цифровых технологий, существенно возросла значимость электромагнитной совместимости (ЭМС) приборов, что требует совершенствования процедур по отработке, контролю и проверке способности технических систем работать в соответствии с их функциональным назначением и требуемым качеством при воздействии на них непреднамеренных электромагнитных помех.

В рамках данной работы были выделены следующие задачи: исследовать особенности тестирования на ЭМС космической аппаратуры посредством моделирования стенда генератора электростатического разряда (ЭСР), выявить подход к модернизации процесса испытаний на электромагнитную совместимость космической аппаратуры. Вследствие этого испытания были систематизированы по типу воздействия (электромагнитные) и принципу осуществления (компьютерное моделирование).

При исследовании вопроса построения модели стенда для тестирования на ЭСР была построена простейшая экспериментальная схема в программе Multisim по ГОСТ 30804.4.2-2013. Модель включала в себя следующие основные элементы: условный источник питания, ключи для заряда конденсатора и для подключения источника разряда, резисторы, катушку индуктивности, накопительный конденсатор и осциллограф.

Несмотря на то, что модель функционировала, она была достаточно примитивной и не учитывала всей совокупности дестабилизирующих электромагнитных воздействий. В силу чего, корреляция результатов моделирования с результатами реальных экспериментов достигала не более 70%. В связи с этим были пересмотрены варианты создания модели генератора ЭСР.

Имея в виду, что электростатический разряд по своей природе является внезапным проявлением электрического тока — короткое замыкание (КЗ), возникающий вследствие резкого выравнивания зарядов между предметами с различными значениями потенциала, в программе Matlab была построена принципиально новая схема, основанная уже на принципе трехфазного короткого замыкания с возможностью проведения анализа происходящих процессов в любой момент времени. Новая модель состоит из блоков Simulink: constant, powergui, terminator, hydraulic turbine and governor, ground, excitation system, scope, synchronous machine pu fundamental, three-phase series RLC load, three-phase transformer (two windings), three-phase PI section line, three-phase source, three-phase fault, bus selector. С помощью блока «scope» были получены графики зависимости тока статора, поля напряжения обмоток синхронного двигателя и угла нагрузки генератора от времени, что исключает необходимость в проведении сложных расчетов для определения необходимых параметров — достаточно проанализировать графическое представление происходящих процессов.

Исходя из полученных графических зависимостей, было выявлено, что максимальное значение электромагнитного момента при заданной схеме достигало 168 Н·м, а напряжение достигало до 11,5 В. Также были получены кривые изменения тока трехфазного короткого замыкания, где каждое пересечение кривых с осью времени соответствует моменту возникновения КЗ.

Стоит также отметить, что компьютерное моделирование предоставляет возможность проведения виртуального эксперимента без использования специальных устройств, замены и перебора элементов в любой момент времени [3]. Таким образом, представленную схему можно перенастраивать под конкретные задачи и цели в зависимости от объекта испытания.

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что испытания космических аппаратов представляют собой сложный и многообразный комплекс мероприятий, являющийся основным источником информации для обоснования принимаемых решений при создании изделий. Полученный в ходе работы модернизированный подход к испытаниям космической аппаратуры, основанный на моделировании трехфазного короткого замыкания, может способствовать повышению эффективности тестирования элементов и устройств КА на ЭМС, что непременно скажется положительным образом на надежности объектов РКТ в целом и увеличит сроки их активного существования.

Список используемых источников:

1. ГОСТ 16504-81., Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. — С. 3–7.
2. Александровская Л.Н., «Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем», «Логос» М, 2003. — С. 120–150.
3. Костин А. В., Математические модели источников электростатических разрядов бортовой аппаратуры космических аппаратов // Космическое электронное приборостроение. 2013. — С. 229–234.

Формирование группировки малых космических аппаратов на компланарных орбитах для обеспечения мониторинга окружающей среды орбитальной космической станции нового поколения

Гарно П.Р.

Научный руководитель — Тузиков С.А.

МАИ, Москва

В настоящее время одной из наиболее актуальных и важных проблем, сдерживающей развитие космической деятельности, является проблема «космического мусора». Особенно отчетливо проблема проявилась за последние годы. Существенный вклад в расширение масштабов проблемы космического мусора был внесен в результате столкновения двух космических аппаратов, а также в результате известного проведения специальной отработки и испытаний космических объектов на высокой околоземной орбите.

Относительно меньший вклад в проблему космического мусора вносят верхние отработанные ступени ракет-носителей. Они обладают значительными геометрическими размерами, достаточно быстро тормозятся и сгорают в плотных слоях атмосферы Земли. Выработавшие свой ресурс космические аппараты (КА), в том числе, и отведенные на специальные орбиты захоронения, так же не являются непосредственным источником потенциальной угрозы столкновения с уже функционирующими в настоящее время КА или с новыми космическими объектами, планируемыми для выведения ракетами-носителями с поверхности Земли.

Наибольший вклад в засорение околоземных орбит вносят различные, имеющие относительно небольшие геометрические размеры и массы, отделившиеся конструктивные элементы как самих космических аппаратов, так и разгонных блоков, выводящих КА на рабочие орбиты, например:

- детали конструкций систем разделения,
- сбрасываемые элементы,
- частично разрушившиеся конструкции,
- элементы теплоизоляции,
- различные осколки и т. д.

То же относится и к отделившимся (как правило, также небольшого размера и массы) конструктивным элементам от уже выведенных на рабочие орбиты КА целевого назначения, которые в настоящее время работают в соответствии со своими заданными циклограммами в пределах своих сроков активного существования.

Негативная тенденция к лавинообразному системному нарастанию масштабов техногенного засорения околоземного космического пространства потенциально ведет к появлению целых областей околоземных орбит, которые становятся недоступными и опасными для размещения новых космических объектов, в первую очередь, крупногабаритных объектов, например, долговременной орбитальной станции. В целях повышения безопасности крупногабаритных космических объектов (например, орбитальной космической станции нового поколения) необходимы новые перспективные технические решения.

Рассматривается возможность формирования специальной орбитальной группировки малых космических аппаратов (МКА) для обеспечения мониторинга окружающего пространства в окрестности рабочей орбиты космической станции (или семейства рабочих орбит).

Принципиально речь идет о размещении группировки МКА, параметры рабочих орбит которых являются согласованными и дополняют друг друга для обеспечения решения задачи эффективного мониторинга выделенного целевого объекта. Предполагается космическое базирование системы МКА, например, при их первоначальном размещении в составе структуры орбитальной космической станции нового поколения.

Проведен проектно-баллистический анализ возможных вариантов развертывания компланарной орбитальной группировки МКА. Рассмотрены вопросы формирования проектного облика МКА, в том числе, для нескольких анализируемых случаев орбитального построения вариантов спутниковых группировок.

Разработаны конструктивно-компоновочные схемы типовых МКА, представлен возможный состав и базовые характеристики целевого оборудования и основных бортовых систем МКА.

Предлагаемые схемы орбитального построения и схемы функционирования системы малых космических аппаратов предназначены для решения различных задач, выполняемых орбитальной группировкой МКА, в том числе, с учетом возможностей по дальности, величине углового разрешения целевого оборудования и частоте проведения мониторинга обслуживаемого объекта.

Совместное рассмотрение задачи построения рабочих орбит, выбора состава и структуры конкретной компланарной орбитальной группировки МКА, а также параметров МКА и базовых характеристик его основных бортовых систем, обеспечивает решение задачи мониторинга окружающей среды для рассматриваемой области околоземного космического пространства в окрестности целевого космического объекта.

Список используемых источников:

1. Гарно П.Р. Малый космический аппарат для исследования влияния микрогравитации и факторов космического полета на материалы и биологические объекты // Сборник тезисов докладов XLIX Международной молодежной научной конференции. Москва, 2023
2. Каталог приборов компании «Спутникс». URL: <https://sputnix.ru/ru/pribory/pribory-cubesat/>
3. Основы компоновки бортового оборудования космических аппаратов: учебное пособие / А. В. Туманов, В. В. Зеленцов, Г. А. Щеглов. -- 3-е изд., испр. — Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. — 572, [4] с.: ил

Проектирование многоразовой тепловой защиты космического корабля, выполняющего аэродинамический манёвр для снижения скорости при возвращении на околоземную орбиту с орбиты Луны

Гриненко А.С., Зайцев Н.Д.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Ненарокомов А.В.
МАИ, Москва

В Стратегии российской программы освоения космического пространства на период до 2030 года и дальнейшую перспективу одной из задач является создание научно-технического задела для осуществления пилотируемых полетов к планетам и другим телам Солнечной системы. В этих планах важнейшее место занимает разработка и обеспечение реализации программ снабжения долговременной базы на орбите Луны. Это требует поиска и обоснования наиболее эффективных концепций организации систематических пилотируемых полетов к Луне с надежным и безопасным возвращением на Землю. Одной из таких концепций является создание транспортной космической системы, включающей многоразовый пилотируемый корабль для доставки экипажей с долговременной околоземной орбитальной станции на окололунные орбиты и возвращением обратно. Важнейшим этапом в этой концепции является возвращение экипажа обратно на орбитальную станцию, в том числе, решение таких задач как снижение околопараболической скорости до орбитальной, выхода на орбиту станции с последующей стыковкой с ней. В качестве основного метода торможения до первой космической скорости и снижения орбиты до круговой, на которой находится орбитальная станция, могут быть применены последовательные погружения в атмосферу Земли. На станции экипаж восстанавливается после лунной миссии, выполняет плановую работу и затем возвращается на Землю на одном из космических кораблей, предназначенных для входа в атмосферу с орбитальной скоростью. Реализация такого проекта, основанного на создании многоразового пилотируемого корабля, который базируется на орбитальной станции, позволила бы эффективно с экономической точки зрения решить задачу регулярных пилотируемых полетов к Луне. Для этого проекта важнейшей проблемой является решение комплекса задач баллистики и управления, требуемых ограничений по нагреву, перегрузкам, точности приведения к месту сближения с орбитальной станцией, то есть проблема решения комплекса термобаллистических задач и диагностического обеспечения моделирования входа в атмосферу Земли. Проект многоразовой транспортной космической системы, выполняющей вход в атмосферу Земли со второй космической скоростью, до сих пор не исследовался. К тому же насколько известно, предлагаемая в данной работе постановка задач сопряженного радиационно-конвективного теплообмена слабо изучена. Основной проблемой в осуществлении проекта является проектирование неразрушаемой тепловой защиты, так как необходимо как можно эффективнее снижать скорость аппарата, но при этом не превышать жёсткие ограничения на тепловую нагрузку.

В условиях сверхорбитального входа космического аппарата в атмосферу Земли принципиальными являются как конвективный механизм переноса энергии к поверхности КА, так и перенос энергии излучением. В настоящее время имеются развитые средства компьютерного моделирования конвективного и радиационного теплообмена. В их основу положены модели, содержащие уравнения движения вязкого, теплопроводного, химически и термически неравновесного излучающего газа [1–3]. Такой подход позволяет осуществлять детальное моделирование с учетом многообразия протекающих процессов и воздействующих факторов. Применение данного подхода к анализу сверхорбитального входа космического аппарата в атмосферу рассмотрено в работе [4].

В настоящей работе для проведения оценок тепловых нагрузок в окрестности передней критической точки на участке спуска космического аппарата будем использовать аппроксимационные зависимости.

Для расчета конвективных тепловых потоков такие зависимости обычно строятся в мультипликативном виде относительно величин плотности атмосферы, радиуса затупления и скорости аппарата. Для расчета радиационных тепловых потоков будем пользоваться

аппроксимационными зависимостями, также представленными в мультипликативном, но более сложном, виде.

Для получения траектории аэродинамического манёвра космического корабля разработан метод оптимизации траектории при различных критериях оптимизации (минимизация избытка скорости при выходе на конечную орбиту, минимизация угла между векторами требуемой и полученной скорости при выходе на конечную орбиту), а также при ограничениях, наложенных на транспортный манёвр (перегрузки, тепловые нагрузки). Далее численно интегрируем систему полученных дифференциальных уравнений движения одним из существующих методов.

Для осуществления расчётов также была задана аэродинамическая модель космического аппарата и его массово-габаритные характеристики, а также начальные условия входа в атмосферу Земли.

Приведены оптимальные толщины тепловой защиты для комбинации разных материалов, посчитанные в окрестностях критической точки на передней сферической затупленной части проектируемого космического корабля.

В завершении работы были сделаны выводы по полученным результатам анализа, что позволяет выявить принципиальную возможность создания неразрушаемой тепловой защиты и её целесообразность для рассматриваемого аппарата.

Список используемых источников:

1. Тирский Г. А., Сахаров В. И., Ковалёв В. Л., Егоров И.В. и др. Гиперзвуковая аэродинамика и тепломассообмен спускаемых космических аппаратов и планетных зондов. М.: Физматлит, 2011.

2. Viviani A., Pezzella G. Aerodynamic and aerothermodynamic analysis of space mission vehicles. Springer International Publishing Switzerland, 2015.

3. Суржиков С.Т. Компьютерная аэрофизика спускаемых космических аппаратов. Двухмерные модели. М.: Физматлит, 2018.

4. Суржиков С.Т., Радиационная газовая динамика лобовой поверхности командного модуля Аполлон-4 при сверхорбитальном входе в атмосферу// Известия РАН. МЖТ., 2017, № 6, с. 108–124.

Анализ причин и последствий проливов жидких компонентов топлива

Денисенко В.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шаповалов Р.В.

МАИ, Москва

Чтобы преодолеть земное притяжение требуется значительное количество энергии. Получить эту энергию можно благодаря жидким топливам. Жидкие компоненты топлива являются химически активными, взрыво- и пожароопасными веществами. И как бы не были совершенны системы заправки, вероятность пролива остается, что может привести к непоправимым тяжелым последствиям. Поэтому выявление причин аварий всегда является актуальной задачей.

Было выявлено, что основными причинами пролива топлива являются: механическое разрушение баков и заправочных магистралей в результате возникновения различных неисправностей или прогара стенок топливного отсека под воздействием высокотемпературной струи пламени; падение на поверхность Земли заправленных летательных аппаратов; разгерметизация вследствие механических воздействий, таких как удары, сотрясения и т.п.

Последствиями воздействия жидкого топлива являются химическое загрязнение почв и атмосферы в районе расположения наземных объектов и околоземного космического пространства по траекториям полета средств выведения, а также негативное влияние на водоемы, растительность, животных и самого человека. Воздействие радиоактивности на живые организмы может вызывать мутации, раковые и другие серьезные заболевания.

За последние годы можно заметить увеличение количества аварий на зарубежных космодромах. Это происходит из-за того, что все больше стран начинают исследовать космос

самостоятельно, из-за чего им приходится идти на риски и практически заново находить эффективные способы освоения космоса.

Список используемых источников:

1. Баранов А.Ю., Соколова Е.В. Хранение и транспортировка криогенных жидкостей. Часть 1: Учебное пособие. — СПб: ИТМО, 2017. — 95 с.
2. Ветошкин А. Г. Нормативное и техническое обеспечение безопасности жизнедеятельности. Учебно-практическое пособие: В 2-х ч. Ч 1. Нормативно-управленческое обеспечение безопасности жизнедеятельности. — М.: Инфра-Инженерия, 2017. — 470 с.
3. Шатров Я.Т. Обеспечение экологической безопасности ракетно-космической деятельности : Учебно-методическое пособие. — Королев, 2009 — 759 с.

Рассмотрение вопроса возможного применения аэростата для исследования Юпитера

Жарков Д.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Воронцов В.А.

МАИ, Москва

В данной работе рассмотрена концепция аэростата, дрейфующего в атмосфере Юпитера и изучающего: химический и изотопный состав атмосферы, изменение внутренней тепловой энергии и солнечных потоков с высотой, облачность в атмосфере, значения микрофизических характеристик твердых и жидких частиц в облаках, гроззовые разряды и штормовую активность.

Известно, что в настоящее время исследователи всего мира обращают пристальное внимание на тела Солнечной системы. Одним из интереснейших способов исследования таких объектов, как мы знаем из отечественного опыта применения аэростатных станций «Вега» («Венера 17, 18»), являются аэростаты [1]. В данной работе был рассмотрен ряд проектов, направленных на изучение атмосферы планет земной группы — Марса и Венеры, газовых гигантов — Сатурна и Юпитера, спутника Сатурна — Титана. Это и советские — «Вега» и «Марс-98» [2], конструкция которых была взята за основу для юпитерианского аэростата, рассматриваемого в работе; американские — проект «Martin Marietta», «SIRMA», «VALOR», «MAVTECH», послужившие примером использования РИТЭГ в системе электропитания, нагревательного элемента в баллоне для регулировки температуры газа, следовательно, и высотного управления аэростатом, и такого типа аэростата, как монгольфьер; европейские — «VER», «TAE», в которых также рассматривался вариант применения РИТЭГ. Ряд решений целесообразно было бы применить при проектировании аэростатной станции для изучения Юпитера.

Ключевыми объектами для исследований аэростатов в будущем могут стать луны Юпитера. В первую очередь это связано с особым интересом человечества к ним, который основывается на существовании воды и возможной жизни на этих телах Солнечной системы. Однако все эти исследования будут неполными, если человечество не будет исследовать Юпитер, так как его воздействие по-разному, но в большинстве случаев значительно отражается на собственных лунах. Например, в виде излучения или гравитационного приливного влияния. Вместе с тем Юпитер сам по себе является интересным объектом для научных исследований. Тут основными областями изучения становятся [3, с. 222–247]:

- Магнитные и гравитационные поля планеты
- Исследование состава атмосферы газового гиганта и ее параметров
- Изучение явлений, происходящих в атмосфере Юпитера:
 1. Атмосферные вихри. Исследование атмосферной турбулентности
 2. Гроззовые разряды и штормовая активность
 3. Нисходящие и восходящие потоки. В частности тепловые потоки, идущие из недр планеты.
- Изучение поясного и зонального деления Юпитера.

Множество исследований в виде орбитальных миссий к Юпитеру и его лунам: «Galileo», «Juno», «JUICE» — подтверждает актуальность предложенной миссии.

На основе анализа прототипов и изучения целевого объекта был сформирован первоначальный перечень проектных параметров и представлен вариант изделия, соответствующий поставленным требованиям и решающий весь спектр установленных перед ним задач. В качестве полезной нагрузки аэростатной станции была подобрана научная аппаратура с таким расчетом, чтобы подробно изучить различные структуры атмосферы. Для выполнения данной задачи были подобраны эшелоны дрейфа. Это было сделано благодаря уже совершенным миссиям к газовому гиганту [4, с.187–221].

Таким образом, результаты исследований позволят обобщить информацию об опыте создания аэростатов для исследования планет и их спутников; использовать ряд оптимальных конструктивных решений для будущих миссий; уточнить состав атмосферы Юпитера, движение тепловых потоков; доказать или опровергнуть существование облачных слоев аммиак-гидросульфид аммония, водяных облаков в разных областях планеты; определить расчетное количество молний и штормовую активность.

Список используемых источников:

1. Автоматические межпланетные станции «Вега-1» и «Вега-2». — URL: https://www.laspace.ru/ru/activities/projects/vega_1_2/ (дата обращения 08.01.2024 г.)
2. В.А.Воронцов, В.В.Малышев, К.М.Пичхадзе. Системное проектирование космических десантных аппаратов. - Москва: Издательство МАИ, 2021. — 255 с.;
3. Солнечная система: А.А.Бережной, В.В.Бусарев, Л.В.Ксанфомалити и др. Под редакцией В.Г.Сурдина — Изд. 2-е, перераб.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017. — 460 с.;
4. M.Meltzer. A Mission to Jupiter: A History of the Galileo Project. — Washington, DC: NASA History Division, 2007. — 318 с.

Перспективы использования волоконно-оптических систем в изделиях ракетно-космической техники

Живоченков В.В.

Научный руководитель — Козедра П.А.

МАИ, Москва

Одной из перспективных областей развития ракетно-космической техники (РКТ) является расширение функциональных возможностей, уменьшение габаритов и массы изделий, повышение массового совершенства конструкций. В процессе совершенствования электронной элементной базы и полупроводниковых технологий, габариты и масса бортовой радиоэлектронной аппаратуры (БРЭА) снижаются, что благоприятно влияет на массовое совершенство изделий РКТ. Одновременно снижаются потребляемые мощности электронных устройств, напряжения питания, амплитуды сигналов в информационных электрических цепях, повышается их чувствительность к индуцированным напряжениям и токам, вызванным воздействием электромагнитных полей от различных источников естественного и искусственного происхождения. При этом уровень наведенных помех от внешних и внутренних электромагнитных полей в бортовых кабельных сетях (БКС) изделий РКТ становится сопоставим с уровнями информационных сигналов.

В связи с этим, возникает необходимость защиты критических электрических цепей от помех и индуцированных токов. Применение для защиты БКС кабельных коробов, общих и индивидуальных экранов кабельных сборок, а так же проектные ограничения к применяемому в конструкции материалам, размещению аппаратуры и БКС негативно влияют на технологичность и массовое совершенство изделий. При этом, необходимость проведения сложных электромагнитных испытаний увеличивает затраты времени и средств на отработку опытных образцов.

Использование волоконно — оптических линий связи (ВОЛС) совместно с проектными решениями по компоновке должно помочь в решении существующей проблемы.

Целью данной работы является анализ перспектив внедрения волоконно-оптических линий связи в БКС изделий РКТ и проектирование оптической системы задействования пиротехнических средств.

В ходе выполнения работы было проведено сравнение основных проектных параметров электрических и оптических линий связи, определены их преимущества и недостатки. Рассмотрены основные характеристики систем изделий РКТ, использующие в качестве линий связи электрические кабельные сети. Установлено, что основным рецептором электромагнитных полей (ЭМП) в изделиях является БКС.

В работе представлен краткий обзор использования ВОЛС в аэрокосмической отрасли на данный момент. Определены системы, которые могут быть использованы в качестве прототипов для проектирования оптических систем и ВОЛС в изделиях РКТ.

Спроектирована система передачи сигналов задействования пиросредств с использованием ВОЛС и источника лазерного излучения, рассчитаны её основные параметры.

С целью подтверждения возможности передачи сигналов задействования, для проектируемой системы разработан и собран прототип.

В лабораторных условиях на базе ФГБУ «ВНИИОФИ» был проведен эксперимент, результаты которого подтвердили справедливость проектных расчётов и работоспособность прототипа. Это позволяет сделать вывод о возможности применения системы в изделиях РКТ.

Проведён анализ существующих на данный момент элементов оптических систем и ВОЛС отечественного и зарубежного производства. Предложены конструктивные решения для применения в проектируемой системе.

На основе проведенного анализа предложено несколько вариантов внедрения ВОЛС в изделия РКТ, в разной степени сочетающих использование разнесенной системы управления, цифровой оптической линии передачи данных и оптической системы передачи сигналов задействования. Для практической реализации предложенных схем необходимо учесть особенности проектирования изделий, провести дополнительные лабораторные исследования.

Установлено, что внедрение ВОЛС в изделия РКТ приведет к повышению массового совершенства за счёт исключения различных защитных конструкций БКС и пространственного распределения элементов БРЭА, положительно скажется на технологичности БКС, простоте и стоимости её изготовления. Кроме того, применение ВОЛС имеет решающее значение в части, касающейся электромагнитной совместимости, стойкости и безопасности изделий к ЭМП различного происхождения.

Теоретические результаты работы дадут возможность применять полученные знания при разработке и модернизации изделий РКТ.

Практическая значимость результатов работы заключается в ценности полученных в ходе проведенного эксперимента данных. На их основе можно продолжать проектирование систем задействования с целью их совершенствования и дальнейшего внедрения в изделия ракетно — космической техники.

Список используемых источников:

1. Федоров Р.А., Чиж А.Л., Малышев С.А. Анализ системы передачи электропитания по одномодовому оптическому волокну. БГУ, Институт физики НАН Беларуси, Минск, Беларусь.
2. Р.Р. Убайдуллаев Волоконно-оптические сети. М.: Эко-Трендз, 2001.

Проектирование многоразовой одноступенчатой ракеты-носителя

Журавлев В.Ю., Журавлев М.Ю., Мартыненко Е.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Миненко В.Е.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

В настоящее время особый практический интерес представляет выведение груза на низкую околоземную орбиту. Треованием для возможности осуществления выведения полезной нагрузки является наличие дешевой и надёжной ракеты-носителя. Низкая стоимость может быть обеспечена путём многократного использованием изделия.

В данной работе был проведен проектно-конструкционный расчет одноступенчатой ракеты-носителя с двухступенчатой схемы выведения. Используется горизонтальный старт и вертикальная посадка.

Старт изделия осуществляется из разреженных слоёв атмосферы воздушным способом с самолёта-носителя. Использование воздушного старта обеспечивает возможность вывода полезной нагрузки на широкий класс орбит с различным наклоном. Также это позволяет уменьшить массу ракеты-носителя, а, следовательно, уменьшить стоимость выведения одного килограмма груза на орбиту. Помимо этого, место старта комплекса не привязано к конкретной точке на поверхности, в отличие от наземного старта с космодрома, и может выбираться в зависимости от поставленной задачи. Топливными компонентами маршевой двигательной установки является топливная пара кислород-метан, свойства которой позволяют обеспечивать её применение на многократно используемых ЖРД.

После окончания активного участка траектории ракеты-носителя, довыведение полезной нагрузки на требуемую орбиту, а также орбитальное маневрирование будет осуществляться с помощью разгонного блока.

Изделие является возвращаемым, поэтому для возможности управления его вращательным движением в безвоздушном космическом пространстве предусмотрена система ориентации и стабилизации, представляющая собой совокупность двигателей малой тяги.

При повторном входе в атмосферу ступень осуществляет аэродинамическое торможение, происходит повторный запуск маршевой двигательной установки, позволяющий погасить скорость снижения и осуществить мягкую посадку на специально подготовленную площадку. Также в комплекс средств посадки входят разворачиваемые посадочные опоры, которые обеспечивают амортизацию изделия в момент контакта с поверхностью.

В ходе работы были проведены численные и динамические расчеты конструкции ракеты-носителя. Также были найдены оптимальные массогабаритные характеристики ракеты-носителя, а также определены проектно-баллистические и проектно-конструкционные параметры.

Список используемых источников:

1. Динамика ракет : учебник для вузов / Колесников К. С. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Машиностроение, 2003. — 519 с. : ил. — Библиогр.: с. 513–514.
2. Надеин И. О., Кольга В. В., Быков А. В. Анализ воздушного старта ракеты-носителя // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2020. Т. 1.
3. Яцененко Г.С. Кислородно-метановые ракетные двигатели // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2017. №13.

Полуактивная система термостатирования компонентов топлива космического аппарата с криогенной двигательной установкой

Зайцев Н.Д., Гриненко А.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Ненарокомов А.В.
МАИ, Москва

На сегодняшний день использование двигательных установок, использующих криогенные компоненты топлива, в составе космических аппаратов носит единичный характер. В свою очередь, анализ мировых тенденций создания космических аппаратов для освоения Луны и Марса позволяет сделать заключение о ближайшей перспективе появления целого ряда космических аппаратов с криогенной двигательной установкой. Подобная тенденция связана не только с потребностями к увеличению энергетических возможностей космических аппаратов и разгонных блоков, но и существующей перспективой производства компонентов топлива на иных небесных телах, малой токсичностью компонентов и продуктов сгорания для космонавтов, а также возможным применением криогенных технологий в энергетических и силовых установках.

Эффективное использование криогенных компонентов в составе энергосиловых установок космического аппарата возможно только при решении задачи их длительного термостатирования на борту, что является многоаспектной задачей с рядом определяющих эффективность критериев.

В исследовании представлен способ термостатирования криогенной топливной системы с помощью рубашки охлаждения, по которой циркулирует испаряющийся компонент топлива. В работе произведена оценка воздействия тепловых потоков на космический аппарат в околоземном пространстве, а также создана математическая и компьютерная модель полупассивного охлаждения.

Исходными данными для оценки эффективности системы являются характеристики околоземного пространства, теплофизические свойства компонентов топлива, а в качестве критерия эффективности рассматривалась максимизация величины характеристической скорости космического аппарата заданной массы.

Представлены графические результаты моделирования, а также оценка эффективность различных средств термостатирования в зависимости от требуемого срока активного существования двигательной установки на борту космического аппарата.

Список используемых источников:

1. Смоленцев А.А., Соколов Б.А., Туманин Е.Н. Длительное хранение жидкого кислорода в баке объединенной двигательной установки орбитального корабля «буран» 2013 г. ОАО «Ракетно-космическая корпорация “Энергия” имени С.П. Королёва» (ПКК «Энергия») Ул. Ленина, 4А, г. Королёв, Московская область, Россия, 141070, e-mail: post@rsce.ru
2. Ненарокомов А.В., Чебаков Е.В., Ревизников Д.Л., Моржухина А.В., Николичев И.А., Крайнова И.В., Титов Д.М., Определение углового положения космического аппарата, основанное на решении обратных задач теплообмена. Московский Авиационный Институт, Волоколамское ш. 4, Москва, 125993, Россия
3. Brandt P.P. parahydrogen-orthohydrogen conversion on catalyst loaded scrim for vapor cooled shielding of cryogenic storage vessels // WASHINGTON STATE UNIVERSITY School of Mechanical and Materials Engineering MAY 2016

Исследование возможности создания пилотируемого марсохода-транспортёра

Клецова А.Д., Шереметьев А.О.

Научный руководитель — Егорова М.С.

МАИ, Москва

В настоящее время исследование поверхности Марса и возможности создания колоний на нем является одной из наиболее перспективных задач, стоящих перед современной наукой, потому исследование возможности создания пилотируемого марсохода-транспортёра необходимо для последующей реализации множества задач, появляющихся в процессе разработки программы по освоению поверхности Марса человеком. Возможность создания марсохода-транспортёра практически не исследована. Известно, что ранее на поверхность Марса запускались лишь автоматизированные системы, имеющие массу около 1 тонны. Транспортёр, в свою очередь, является крупной техникой, предполагающей перевозку людей.

ПМТ — рабочее название разрабатываемой платформы — средство передвижения, предполагающее сочетание ныне несочетаемых в космических ТС колёсного типа функций. Основной считается перемещение людей и грузов по поверхности астрономических тел с условиями, резко отличающимися от земных, на большие расстояния. Эта функция является самоцелью, предполагающей количество новшеств в расчётах и проектировании сопоставимых с созданием первой ракеты. Для данного транспортного средства необходим большой запас прочности, умеренная жёсткость, долговечность и устойчивость к неблагоприятным факторам, которыми являются солнечная радиация и перепад температур. В целях создания исследования, которое способно ответить на все наиболее сложные технические вопросы о перспективе разработки пилотируемого марсохода-транспортёра, необходимо:

- Создание 3D-модели ТС.

- Исследование возможных материалов
- Исследование вопроса герметизации
- Исследование и выбор силовой установки
- Исследование типов подвески и выбор подходящей
- Исследование возможных типов резины и колёс
- Исследование и выбор рулевого механизма
- Выбор минимального количества оборудования
- Исследование и расчёт систем жизнеобеспечения
- Выбор достаточного и опционального оборудования
- Исследование и выбор типа доставки

Кроме того, неотъемлемой частью работы любой современной сложной технической системы является разработка программного обеспечения. Также важно понимать, что на данный момент исследуется возможность создания ПМТ с использованием ныне применяющихся технологий.

Работа по проектированию такого аппарата как пилотируемый марсоход-транспортёр — а в будущем создание унифицированной платформы для различных нужд и планет — в равной степени является и творческой, и научной. И если научная сторона обосновывает использование определённых методов и теорий, то творческая помогает придать методам и теориям форму, одинаково функциональную и эстетичную.

Список используемых источников:

1. Глазков Ю.Н. Готово ли человечество к полёту на Марс?/ В сб. «Гипотезы. Прогнозы». Вып.23. М., «Знание», 1990.
2. Мороз В.И. Космические аппараты исследуют Марс: советская экспедиция 1973 — 1974 гг./ В сб. «Наука и человечество. 1976», М., «Знание», 1975.

Альтернативные источники системы электропитания космического аппарата

Ковешников А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Палешкин А.В.

МАИ, Москва

При проектировании космических аппаратов (КА) одним из важнейших аспектов является вопрос электропитания аппарата. Основными источниками электроэнергии в современных долгоживущих КА являются батареи солнечные (БС) и радиоизотопный источник электроэнергии (РИТЭГ). Данные средства электропитания хорошо зарекомендовали себя за десятки лет освоения космического пространства, но обладают рядом недостатков. На сегодняшний день коэффициент полезного действия (КПД) БС достиг определенного предела, к тому же БС подвержены деградации под воздействием факторов космической среды. Что касается РИТЭГов, они также подвержены деградации из процессов полураспада радиоактивного изотопа.

В качестве альтернативного средства электропитания в работе предлагается использование двигателя Стирлинга в паре с электрогенератором. Двигатель Стирлинга является двигателем внешнего сгорания и работает за счет разницы температур в зонах его нагревания и охлаждения. Данный двигатель лишен недостатков БС и РИТЭГ, обладая значительно большим ресурсом. Должным образом сконцентрировав солнечный поток энергии в зоне нагревания двигателя и обеспечив наибольшего теплового излучения в космос в зоне охлаждения, можно добиться КПД, превосходящий КПД других популярных средств электропитания.

Кроме того, к зоне нагрева двигателя можно подводить тепловую энергию, выделяемую блоками аппаратуры КА, тем самым рециркулируя энергию обратно в систему электропитания, что повысит выдаваемую двигателем мощность и позволит повышать нагрузку на систему при тех же параметрах двигателя.

Целью данной работы является исследование перспектив применения двигателя Стирлинга, как основного средства обеспечения системы электропитания КА.

Список используемых источников:

1. Довгялло А. И. и др. Основы моделирования рабочего процесса свободнопоршневого двигателя Стирлинга //Текст: электронный/АИ Довгялло, СО Некрасова, АЮ Пулькина. — 2020.
2. Финченко В. С., Котляров Е. Ю., Иванков А. А. Системы обеспечения тепловых режимов автоматических межпланетных станций. — 2018.
3. Уонг Х. Основные формулы и данные по теплообмену для инженеров //М.: Атомиздат. — 1979. — Т. 212.

Прикладное программное обеспечение для расчёта внутрибаллистических характеристик энергоустановок

Кречетова М.В., Романов А.П.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Савельев С.К.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург

При проектировании ракетного двигателя на твердом топливе (РДТТ) одним из важнейших этапов его разработки является определение зависимости площади поверхности горения от толщины сгоревшего свода, из которой в свою очередь определяются внутрибаллистические характеристики двигателя в целом.

Расчеты данных зависимостей сложны и трудоемки, в связи, с чем возникла необходимость в прикладном программном обеспечении (ПО), которое бы автоматизировало процесс вычислений, тем самым, позволив, экономия время и ресурсы, производить все расчеты. Подобные вычисления при проектировании РДТТ необходимы не только на производстве, но и в учебном процессе.

На практике используются различные программные продукты, такие как SolidWorks Flow или Ansys Fluent, в которых реализована методика расчета внутрибаллистических характеристик энергоустановок. Однако, проблемой подобных программ становится то, что они универсальны и поэтому настройка данных ПО для необходимых расчетов сложна и требует времени и высокой квалификации пользователя. Решением данных проблем стало создание специализированного прикладного ПО для расчета внутрибаллистических характеристик установок на термически деградирующих высокоэнергетических теплопроводных материалах.

Разработано программное обеспечение, которое с помощью набора специализированных САД-инструментов позволяет произвести расчет термической деградации блока высокоэнергетического материала, в результате которого пользователь получает зависимость площади поверхности разгара от толщины сгоревшего свода [2, 3]. Далее, используя полученную зависимость, производится внутрибаллистический расчет энергетической установки твердого топлива [1, 2].

Для тестового примера использовалась модель твердотопливной энергоустановки с зарядом со смещенными осями. Для приведенного примера были получены зависимость площади разгара от толщины сгоревшего свода, график изменения давления за время работы двигателя и график изменения тяги по времени.

Применение разработанного модуля значительно облегчает учебный процесс, позволяет сократить время расчета путем оптимизации. То есть, регулируя входные данные, можно добиться необходимого закона изменения площади горения и провести анализ внутрибаллистических характеристик энергетической установки.

Список используемых источников:

1. Твердотопливные регулируемые двигательные установки / РАРАН; Ю. С. Соломонов и др.; под ред. А. М. Липанова, Ю. С. Соломонова; редкол. серии В. В. Панов (пред.) и др. — М.: Машиностроение, 2011. — 416 с.

2. Орлов Б.В., Мазинг Г.Ю. Термодинамические и баллистические основы проектирования ракетных двигателей на твердом топливе: Учебное пособие для вузов. — М.: Машиностроение, 1979. — 392 с.

3. Ракетные двигатели на твердом топливе, Виницкий А.М. М., «Машиностроение», 1973, стр. 384.

Статистическое моделирование аэродинамических характеристик беспилотного летательного аппарата

Кунгурцев А.М.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Балык В.М.

МАИ, Москва

Рассматриваемая задача построения функциональных зависимостей аэродинамических коэффициентов от кинематических параметров для беспилотного летательного аппарата (БЛА). Цель задачи состоит в уточнении и корректировке аэродинамических моделей на основании данных лётно-конструкторских испытаний. Восстановление зависимостей осуществляется в классе тригонометрических полиномов. Статистическая выборка представляет собой данные телеметрии в виде кинематических параметров: перегрузок, углов атаки и скольжения. Линейные и нелинейные параметры полиномов определяются из условия минимума статического критерия регулярности. Данный подход аналогичен прогнозированию нелинейного тренда. Здесь роль обучающей выборки играют данные телеметрии за время меньшее чем общее время полета БЛА. Разница между общим временем полета и временем обработки телеметрии есть горизонт прогнозирования.

С помощью разработанного метода была решена задача восстановления зависимости аэродинамического коэффициента от времени полета. Данная задача была сведена к задаче прогнозирования, где время обучения было взято равным 10 секундам и на этом отрезке времени восстановлен прогнозирующий тригонометрический полином. Далее полученный полином был рассчитан на участке прогнозирования, где из общего времени полета равным 55 секундам вычитают время обучения и получают время на участке прогнозирования. Полученный прогноз совпал с табличной зависимостью коэффициента с точностью не меньшей 0,01.

В целом можно сделать вывод, что для детерминированных задач процесс интегрирования уравнений движения БЛА может быть в значительной степени заменен процессом прогнозирования.

Список используемых источников:

1. Ивахненко А.Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами. Киев: Техніка, 1975.

2. Святодух В.К. Динамика пространственного движения управляемых ракет. — М.: Машиностроение, 1989.

Модернизация стенда термовакuumных испытаний

Литвинович Н.В.

Научный руководитель — Коробовский А.В.

МАИ, Москва

В работе предлагается возможное решение по усовершенствованию термовакuumной испытательной камеры, предназначенной для проведения тестирования оптико-электронных приборов. Необходимость проведения модернизации обусловлена физическим и моральным устареванием стенда, в частности, установки термостатирования и средств вакуумной откачки.

На 2023 год установка термостатирования содержала следующий ряд проблем: неисправный конденсатор, приводящий к превышению давления фреона; негерметичный контур охлаждения; износ компрессоров. Основываясь на тепловыделении объекта испытаний

(200 Вт), требованиях к температуре на посадочном месте изделия ($-70...+150^{\circ}\text{C}$) и габаритах, были подобраны термостат Unistat 905w и термостол.

Также в работе рассматривалось значительное ухудшение характеристик откачной системы, вызванное износом вакуумных насосов. В процессе работы был произведен сравнительный анализ возможных средств вакуумной откачки и выбран приоритетный вариант. В результате была сформирована новая вакуумная схема, содержащая: двухроторные безмасляные насосы Kashiyama NeoDry60E-2D BK (быстрота действия 1000 л/мин) для обезгаживания камеры и Kashiyama NeoDry15E-2D BK (быстрота действия 250 л/мин) для откачки высоковакуумного насоса; криогенный насос, в комплект которого входят гелиевый компрессор HPC6000V и крионасос KDCP10L. Компоненты системы подобраны в соответствии с требованиями к откачиваемому объему ($2,3\text{ м}^3$), предельному остаточному давлению ($1\cdot 10^{-6}$ мбар) и времени выхода на высокий вакуум (4 часа).

Были подобраны более совершенные средства измерения вакуума: вакуумметры конвекционный (от $1\cdot 10^{-4}$ до 1000 торр), располагающийся на крионасосе, и широкодиапазонный (от $1\cdot 10^{-9}$ до 1000 торр), контролирующий значения давлений в камере. При выборе также учитывалось наличие вакуумметров в госреестре средств измерений РФ.

Разработан обновленный вариант инструкции по эксплуатации стенда термовакуумных испытаний, учитывающий предложения по изменению его конструкции. Это позволит повысить качество проводимых испытаний, увеличит их количество и, как следствие, эффективность стенда, а также сократит эксплуатационные затраты, что предполагается подтвердить расчетами в дальнейшем.

Список используемых источников:

1. Вакуумная техника: Справочник/Е. С. Фролов, В. Е. Минайчев, А. Т. Александрова и др.: Под общ. Ред. Е. С. Фролова, В. Е. Минайчева. — М.: Машиностроение, 1992. — 480 с.: ил.
2. Конструирование и расчет вакуумных систем/Пипко А. И., Плисковский В. Я., Пенчко Е. А. — 3-е изд., перераб. И доп. — М.: Энергия, 1979. — 504 с., ил.
3. Шешин Е. П. Вакуумные технологии: [учеб. пособие] / Шешин Е. П. — Долгопрудный: Интеллект, 2009. — 501 с.: ил.
4. Вакуумная техника. Оборудование, проектирование, технологии, эксплуатация: учебное пособие: в 2 ч. Ч. 2: Вакуумные насосы / М. Х. Хаблянян, Г. Л. Саксаганский, А. В. Бурмистров; М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. — Казань : Изд-во КНИТУ, 2016. — 300 с.

Проект автоматической станции с термобуровым снарядам для поиска жизни под поверхностью ледяных спутников

Малюжонок Я.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Моржухина А.В.

МАИ, Москва

Долгие годы ученые всего мира изучают тела Солнечной системы, на которых была обнаружена вода. Такие луны, содержащие разнообразные химические вещества под поверхностью, поддерживающие геотермальную активность, вызывают особый интерес, так как эти факторы являются достаточными условиями для существования по крайней мере хемоавтотрофных организмов. Безусловно, даже открытие простейших форм жизни позволило бы нам понять механизм возникновения жизни и на нашей планете.

В данной работе представлена автоматическая станция с термобуровым снарядам способная проникнуть под лед и способная доставить необходимое исследовательское оборудование в жидкий океан ледяного спутника.

Автором был сформирован первоначальный перечень проектных параметров и на его основе представлен вариант изделия, соответствующий поставленным требованиям и решающий весь спектр установленных перед ним задач (разведка, бурение, спектральный анализ проб воды). Для уточнения таких параметров как — прочность корпуса бурового снаряда, обеспечение теплового режима — были проведены расчеты на прочность всей

конструкции, проведен анализ прототипов, проведены консультации со специалистами в области антарктических исследований. Помимо этого была подобрана научная аппаратура (в частности тестер жидкой воды и сейсмограф).

В качестве места посадки буровой установки автором предлагается спутник Юпитера Европа, либо же спутник Сатурна Энцелад. Однако Европа для первого исследования лучше подходит необходимыми требованиями. Последние данные позволяют предположить, что толщина ее ледяного щита составляет около 3-5 км, а Юпитер гравитационным притяжением ломает лед, создавая глубокие каньоны для посадки.

Полученная в ходе работы буровая установка представляет из себя цилиндр с опорной термоторонкой, получающая энергию от встроенного РИТЭГа. В отличие от проекта NASA «Europa Clipper», использующий лазерный нагрев для проплавления пути через лед для крибота, представленный проект использует воду, которая через систему фильтров попадает в снаряд, нагревается и сбрасывается. Внутри буровой установки также находится зонд с основным научным оборудованием.

Как только снаряд достигнет жидкого подледного океана, вода поднимет бур на несколько метров вверх по образовавшейся скважине. Уже в этот момент у зонда должна быть возможность начать анализ, однако ввиду опасности вмерзания изделия в стенки скважины, бурю необходимо продолжить нагрев и движение вниз до полного погружения в океан. Далее зонд начнет передавать данные наверх, к передатчику на поверхности, а уже оттуда сигнал пойдет на Землю.

Таким образом, результаты исследований опровергнут или докажут существование подледного океана, сложных органических веществ, а также впервые дадут конкретный состав воды одной из лун Юпитера или Сатурна.

Список используемых источников:

1. Englehardt, H., et.al., “A Hot Water Ice-Coring Drill,” Journal of Glaciology no. 46, 2000 — p. 50–58.
2. Loïc Mevel. Analyse des structures de la surface d’Europe (satellite de glace de Jupiter) : conséquences dynamiques, rhéologiques et thermiques // Géologie appliquée — Université de Nantes — 2003 — p. 7–14.
3. Stone aerospace. Cryobots and autonomous underwater Vehicles [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://stoneaerospace.com> (дата обращения: 27.02.23)
4. Снаряды для колонкового бурения [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://studfile.net/preview/1791450/page:10/> (дата обращения: 27.02.23)
5. Васильев Н.И. Глубоководное бурение антарктического ледникового покрова как метод исследования палеоклимата // Проблемы Арктики и Антарктики — 2007 — № 76 — С. 78–88.
6. Zimmerman, W., et.al., “Europa Cryo-Hydro Integrated Robotic Penetrator System (CHIRPS) Feasibility Study”, Jet Propulsion Laboratory, Caltech, — 1998 — p. 146–152.

Реализация пусковых услуг на объектах наземной космической инфраструктуры на примере пуска перспективной ракеты сверхлёгкого класса с космодрома «Восточный»

Марюшина З.Л.

Научный руководитель — Карягин И.А.

МАИ, Москва

Сегодня перед космической отраслью стоит задача значительно увеличить темпы производства космических аппаратов, что в свою очередь, потребует увеличения количества пусков средств выведения. В настоящее время ведутся поиски путей снижения стоимости пусковых программ. Для этих целей, Заказчик, обратившийся в АО «ЦЭНКИ», предлагает использовать перспективную двухступенчатую ракету-носитель сверхлегкого класса. Компоненты топлива — сжиженный природный газ и кислород. Масса полезной нагрузки, выводимой на ССО — порядка 400 кг.

В настоящий момент КРК СЛК находится на этапе эскизного проектирования, а, в свою очередь, нашей задачей была оценка стоимости пусковой услуги.

Пусковая услуга включает в себя:

- Закупку и поставку сырья, материалов и КРТ;
- Работу с договорами, подготовку технических решений, ведение отчетности;
- Подготовку наземной инфраструктуры, сборку РКН, заправку КА и РБ, пусковые работы;
- Поиск частей РН в районах падения, эвакуацию ОЧ РКН, устранение последствий и эко-мониторинг.

Авторами статьи была проведена оценка стоимости пусковых услуг, включающая два метода. Первый из них, затратный метод наиболее точен, учитывает наибольшее количество характеристик и факторов. Расчет затрат сопоставительным методом, заключается в рассмотрении аналога миссии и определении характеристик, оказывающих наибольшее влияние. Данный метод быстрее в реализации, но, естественно, менее точен. Его удобно использовать для оценки тех расходов, которые нельзя посчитать затратным методом.

В статье рассмотрен алгоритм финансирования, а также реализация пусковых услуг: сборка, заправка космического аппарата и разгонных блоков, подготовка стартовой позиции и наземной инфраструктуры, предпусковая подготовка и пуск. Приводится описание мероприятий в районах падения, организации обследований состояния объектов НКИ после пуска, послепусковых работ и оформления отчетных документов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (шифр FSFF-2023-0007).

Список используемых источников:

1. Акиншин Н. С., Морозов А. В. Методика формирования цены на НИОКР образцов вооружения // Известия ТулГУ. Экономические и юридические науки. 2012. №1-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-formirovaniya-tseny-na-niokr-obraztsov-vooruzheniya-1> (дата обращения: 11.02.2024).

2. АО «ЦЭНКИ». Нормативы трудоемкости собственных работ ФГУП «ЦЭНКИ», проводимых в обеспечение подготовки и запусков КА по ФКП России, федеральным целевым программам и международным проектам. 2011.

Гелион: как добывать гелий-3

Мочалов Г.А.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Соловьев И.Г.

МГТУ им. Н.Э. Баумана; ООО «Экопиролиз», Москва

Планета Земля испытывает и с каждым годом будет всё больше испытывать потребности в энергии. Одним из многих вариантов решения энергетического кризиса является освоение энергии термоядерного синтеза.

Наиболее энергоэффективна и безопасна реакция синтеза дейтерия и гелия-3. В результате термоядерного синтеза 1 г гелия-3 и дейтерия выделяется $4,2 \cdot 10^{11}$ Дж энергии, что соответствует сжиганию 15,6 т каменного угля. Человечество активно занимается проблемой освоения термоядерного синтеза. В частности, на юге Франции объединение из нескольких десятков стран создают ИТЭР — международный проект термоядерного реактора, первое получение плазмы в котором планируется в 2025-2026 гг.

К сожалению гелий-3 на Земле добывать затруднительно, поскольку он находится в составе мантии и атмосферы, в то время как на Луне гелий-3 постепенно накапливался в течение миллиардов лет облучения солнечным ветром в результате чего его запасы огромны и легкодоступны (до 1 000 000 т гелия-3 находится в приповерхностном слое лунного грунта) [2, 4]. Известны термоядерные реакции, в ходе которых образовывается гелий-3 [1], следовательно можно нарабатывать данный изотоп на Земле в термоядерных реакторах. Однако проведение таких реакций требует особенных условий, что обуславливает сложность создания установок для получения гелия-3 таким способом.

В данной работе рассматривается два способа получения гелия-3 и проводится их сравнительный анализ: получение в ходе термоядерных реакций и добыча на Луне. Для Луны представлен оригинальный вариант аппарата для добычи гелия-3 с использованием СВЧ-установок для нагрева лунного грунта [3].

В результате работы над проектом представлены возможные способы получения гелия-3, разработана технологическая схема и оборудование добычи гелия-3 на Луне с помощью специального комбайна.

Дальнейшая разработка проекта предполагает: разработку системы управления комбайном; создание стационарных и подвижных макетов систем комбайна и макета комбайна для отработки функционирования установки добычи гелия-3 в процессе работы; более подробное изучение свойств лунного грунта; проработку вопроса энергетической системы комбайна (проработать вариант с автономным источником питания на основе радиоизотопного термоэлектрического генератора).

Список используемых источников:

1. А. Ю. Чирков «О возможности использования D–3He-цикла с наработкой 3He в термоядерном реакторе на основе сферического токамака», Журнал технической физики, 2006, том 76, вып. 9

2. М.Н. Богачева «Оценка эффективности развития глобальной энергетики на базе использования луны ресурсов «Гелий-3»», Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 38

3. Устройства СВЧ и антенны: учеб. Пособие Баранов С. А. — Горячая Линия Телеком, 2022, 344 с.

4. <https://www.polytechnique-insights.com/en/braincamps/space/extraterrestrial-mining/helium-3-from-the-lunar-surface-for-nuclear-fusion/>

Анализ перспективных способов крепления теплозащиты многоразовых орбитальных кораблей

Нагаева Е.А., Селуянова М.В., Жиркова А.Е.

Научный руководитель — Пичужкин П.В.

МАИ, Москва

Система тепловой защиты (далее — СТЗ) служит границей между высокотемпературными потоками и системами космического аппарата. СТЗ создаются с использованием двух категорий материалов — абляционных и неабляционных. Неабляционные материалы повторно излучают тепло для изоляции структурных компонентов и не разрушаются в процессе нагревания, в то время как абляционные материалы разрушаются в процессе нагрева, сохраняя при этом теплоизоляционные свойства [1].

Целью настоящей работы является поиск наиболее перспективного способа крепления теплозащиты, применяемого при проектировании многоразовых орбитальных кораблей (далее — МОК).

Основной задачей работы является определение перспективных способов крепления теплозащиты путем анализа характеристик существующих инженерных решений, применяемых на МОК «Буран», «Space Shuttle» и многоразовой ракете-носителе «Starship».

Наружная СТЗ многоразового использования функционирует за счет использования черепичной структуры. Каждая плитка состоит из прочной верхней и нижней металлических оболочек, изготовленных из материалов, отвечающих тепловым и конструктивным требованиям, предъявляемым к размещению плиток на поверхности космического корабля. В верхней оболочке используется высокотемпературная изоляция, а в нижней — низкотемпературная изоляция.

При создании МОК «Буран» теплозащитная плитка крепилась к обшивке корпуса при помощи приклеивания. Для крепления слоев теплозащитного покрытия элемента к обшивке использовался разработанный клей-герметик холодного отверждения Эластосил 137-175М на основе модифицированного кремнийорганического каучука. Он обладал уникальными свойствами, позволяющими создать надежное соединение между слоями в широком

диапазоне температур от минус 130 до плюс 300 °С. Данный материал был разработан специально для использования в экстремальных условиях работы в вакууме при такой температуре на протяжении 50 часов [3]. Однако данный вид крепления требует больших трудозатрат, в том числе продолжительных подготовительных работ.

При создании ОК «Space Shuttle» также использовался метод приклеивания. Каждая плитка крепилась на цемент, на отверждение которого требовалось 16 часов. При данном способе крепления применялся специальный домкрат для удерживания элементов СТЗ на месте в течение указанного времени. Такой способ сложен в реализации и в случае необходимости замены элементов конструкции потребует длительного времени, что может стать причиной задержки запуска.

При проектировании Starship используется перспективный способ механического крепления СТЗ. Данный способ предусматривает крепление плиток на боковую часть конструкции благодаря заранее установленным специальным средствам крепления: самоблокирующемуся клину, дополнительной поверхности, керамическим штифтам, шнекам и т.п. [2]. Также SpaceX использует робота, который сваривает эти монтажные штифты с маленькими пружинными зажимами, поэтому для установки плитки человеку нужно просто нажать на нее, что значительно снижает трудозатраты.

В каждой плитке есть отверстия с небольшим зазором, для обеспечения реакции на движение структуры под ней. Это обеспечивает большую подвижность теплозащиты МОК, которой не удавалось достичь при применении других способов крепления СТЗ.

Таким образом, на основе анализа преимуществ и недостатков был сделан вывод, что наиболее перспективным способом крепления является механический. Он позволяет оперативно осуществлять замену составляющих СТЗ и автоматизировать этот процесс при одновременном сохранении уровня прочности крепления СТЗ на МОК.

Список используемых источников:

1. Ryan M. McDermott, Jitendra S. Tate, Joseph H. Koo. (2022). Forecasting of maintenance indicators of complex technical systems during storage. *Journal of Composite Materials*, Volume 56, Issue 5, p. 685–698.

2. Patent 0245644 EPO, Int. Cl.: F27D 5/00, F27D 1/06. Ceramic/ceramic shell tile thermal protection system and method thereof. № 87105005.0: application. 03.04.87: publication. 19.11.1987 / Salvatore R. Riccitello, Marnell Smith, Howard E. Goldstein, Norman B. Zimmerman; Applicant National Aeronautics and Space Administration NASA.

3. Гофин, М.Я. Жаростойкие и теплозащитные конструкции многоразовых аэрокосмических аппаратов / М.Я. Гофин. — М.: ТФ Мир, 2003. — 671 с.

Опыт эксплуатации пожарного извещателя дыма ИДЭ-4 в модулях РС МКС в основе создания современных систем пожаропреупреждения

Павлов В.С.

Научный руководитель — Большаков А.А.

АО «НИИ ТМ», Санкт-Петербург

Обеспечение пожарной безопасности в модулях РС МКС осуществляется при помощи пожарных извещателей электроиндукционного типа. Данный принцип позволяет решить задачу раннего обнаружения пожароопасного состояния наиболее эффективно, что важно для замкнутого объема, в котором предельная концентрация токсичных продуктов процесса горения может быть достигнута за очень короткое время. Электроиндукционный извещатель позволяет контролировать и отслеживать как количество, так и скорость нарастания высокодисперсных частиц в узком диапазоне размеров от 0,01 до 0,10 мкм [1]. Данный диапазон является отличительной особенностью частиц, выделяемых полимером, нагретым до температуры много ниже температуры его самовоспламенения.

С мая 2019 года в автоматической системе пожарной сигнализации модулей используется пожарный электроиндукционный извещатель ИДЭ-4. За время эксплуатации извещатель ИДЭ-4 показал, что обеспечивает более высокую селективность (относительно ИДЭ-3) именно к

высокодисперсному диапазону и расширенный диапазон измерения массовой концентрации аэрозоля от $0,01 \text{ мг/м}^3$ до $2,5 \text{ мг/м}^3$. Для этого в ИДЭ-4 была осуществлена значительная проработка канала пробоотбора, которая позволила осуществить более качественную предварительную сепарацию аэрозольных частиц размерами более $0,1 \text{ мкм}$ на входе измерительной линии даже при наличии значительного загрязнения (до $3,2 \text{ мг/м}^3$) контролируемого объема. Высокая селективность достигается конструктивными особенностями измерительной линии и параметрами напряженности электрического поля в зоне зарядки частиц. При этом были выявлены проблемы, мешающие обеспечить стабильную пожарную безопасность в герметичных отсеках станции. Главной проблемой в работе извещателей ИДЭ-4 является выдача события «ложное срабатывание». К этому могут приводить различные причины, например: высокий уровень запыленности в герметичных отсеках РС МКС, ошибочный визуальный контроль.

Из-за отсутствия на борту РС МКС необходимых приборов уровень запыленности в герметичных отсеках неизвестен, возникает проблема попадания большого количества аэрозольных частиц в измерительную камеру, что приводит к увеличению тока коронного разряда и последующей выдаче извещателем сигнала «Дым», «Пожар». Только за 2022 год, было зафиксировано около 20-ти «ложных срабатываний». Ошибочный визуальный контроль возникает по причине обнаружения извещателями ИДЭ-4 высокодисперсных частиц размером от $0,01$ до $0,10 \text{ мкм}$, которые являются оптически не видимыми. Так же были выявлены недостатки передачи в систему управления бортовым комплексом сигналов «Дым», «Пожар». Принятие решения о выдаче суждения «Дым» или «Пожар» в систему управления бортовым комплексом происходит на основании сигналов «Дым», «Пожар» полученных одновременно не менее чем от двух извещателей в течение 20 с, не учитывая расположения извещателей в модуле РС МКС. При этом непрерывно в канал телеметрии передается информация о состоянии извещателей, что приводит к его перегрузке.

Результаты эксплуатации показывают, что извещатель ИДЭ-4 обладает более высокой селективностью по сравнению с предшественником, но не в полной мере отвечает заявленным требованиям в области обеспечения пожарной безопасности и причина проста, поскольку как сам извещатель ИДЭ-4, так и созданные на его основе противопожарные системы несут в себе конструкционные, схемотехнические и алгоритмические решения конца XX столетия. Для устранения выявленных недостатков требуется разработка противопожарной системы, основанной на новых алгоритмических, конструктивных и схемотехнических решениях как извещателя так и системы в целом.

Список используемых источников:

1. Антонов В. В., Большаков А.А. Электроиндукционный метод раннего предупреждения пожароопасной ситуации в модулях российского сегмента международной космической станции // 10-й Всероссийский межотраслевой молодёжный конкурс научно-технических работ и проектов «Молодёжь и будущее авиации и космонавтики» : Аннотации конкурсных работ. — Москва : Московский авиационный институт, 2018. — С. 174.

Разработка ракеты метеорологического зондирования с системой стабилизации

Позняк Д.Р., Бесенков Н.А., Иванов Ф.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Левихин А.А.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург

В современных условиях у метеорологических ракет остро стоит вопрос о точности измерений, в связи с этим, для выведения полезной нагрузки на необходимую высоту была разработана модельная ракета-носитель, которая оснащена системой активной стабилизации, для повышения стабильности полёта и нейтрализации бокового потока, обеспечивающая снижения радиуса падения ракеты, что позволит обеспечить большую безопасность при пусках, а также позволит производить поиск запущенной ракеты-носителя быстрее. Конструкционно данная ракета состоит из пяти отсеков: головного обтекателя, отсека

полезной нагрузки, отсека системы стабилизации, отсека электроники, отсека двигательной установки.

Характеристики ракеты-носителя: длина: 1660 мм, ширина: 386 мм, внутренний диаметр: 112 мм, толщина стенки корпуса: 1мм на сторону, масса полезной нагрузки: до 1 кг, максимальная скорость полета: 250 м/с, максимальная высота: 2450 м, время достижения апогея: 22,5 с, общий вес конструкции: 7,3 кг.

Головной обтекатель содержит в себе микроконтроллер, автономный модуль камеры и модуль Трубки Пито, данный модуль позволяет получить точные данные о работе используемого двигателя, полученные данные записываются на SD-карту. Сам обтекатель выполнен из пластика ABS, и имеет такие конструктивные особенности как: шлейф, по которому проходит стальной трос, соединяющий корпус ракеты, выполненный из стеклопластика, и головной обтекатель, а также конструкционного отверстия для шпильки, при помощи которой производится жёсткое закрепление металлического троса вместе с карабином.

Отсек полезной нагрузки представляет из себя каftан, в который помещается все элементы полезной нагрузки: Основной парашют, парашют полезной нагрузки, сама полезная нагрузка, пыж и стакан под порох, который центрируется при помощи технологических отверстий и приклеивается к блоку активной стабилизации.

Система активной стабилизации состоит из системы управления, сервоприводов, креплений, рулей и элементов питания. Система управления представлена в виде отдельного управляющего микроконтроллера, который управляет сервоприводами с помощью трёхосного гироскопа, расположенного в центре масс ракеты, для получения точных данных о изменении положения ракеты во время полёта. Рули, как ответственная деталь, изготавливаются прочного пластика PETG и имеют форму правильной трапеции в продольном сечении, что необходимо для упрощения подсчёта центра давления рулей, а также аэродинамического анализа конструкции, при этом площадь боковой поверхности руля составляет — 6200 мм².

При проводимом прочностного анализе креплений, в связи с высокой нагрузкой, были сделаны выводы о необходимости изготовления крепления стабилизаторов из Стали 316L на 3D-принтере, у данной стали существует отечественный аналог Сталь 08X17H13M2. В расчётах принимались следующие допущения: нагрузка постоянна и равна по модулю 244Н, при такой нагрузке предельные отклонения составили 0,15 мм.

Отсек электроники состоит из бортового самописца, расположенного в самом низу отсека, трёхосного гироскопа обеспечивающий работу системы стабилизации и трёх плат, расположенных треугольником в корпусе ракеты, такое расположение плат обеспечивает удобную замену отдельных блоков электроники для их замены и обслуживания. На данных платах представлены два микроконтроллера, один используется для резервной системы спасения, а другой для работы всей полётной электроники. Полётная электроника состоит из датчика барометра, температуры и влажности, нужный для измерения параметров атмосферы, акселерометра, для снятия ракетой собственных показателей, силовых ключей для пирозапалов, а также модуля приёма-передачи данных.

Отсек двигательной установки состоит из самого двигателя, максимальная тяга которого составляет 550Н, упора под двигатель, в котором выполнено центровочное отверстие М8, креплений стабилизаторов, стабилизаторов, нижнего обтекателя и центрирующих колец, обеспечивающих точную установку как стабилизаторов, так и двигательной установки.

При проводимом аэродинамическом анализе было получено, что максимальная скорость составит 250 м/с, аэродинамический коэффициент лобового сопротивления $C_x=0,37$, а стабильность ракеты равна 1 cal. центр давления 508 мм, центр масс 620 мм. Расчётный вес полностью снаряжённой ракеты составил 7,3 кг.

Список используемых источников:

1. В.Г. Мануйленко, Е.Г. Удин. Теоретические основы построения крылатых управляемых ракет. Санкт-Петербург, 2020. [Электронный ресурс] URL: <https://books.ifmo.ru/file/pdf/2698.pdf> (дата обращения — 22.02.2024).

2. Real Rockets [Электронный ресурс] // <http://real-rockets.ru/> (дата обращения: 20.02.2024).
3. Алямовский А.А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи. СПб.: БХВ-Петербург, 2012.[Электронный ресурс] URL: https://studylib.ru/doc/6348935/solidworks-simulation.-kak-reshat._-prakticheskie-zadachi (дата обращения — 25.02.2024).

Искусственный интеллект в космической технике

Пронкин А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гусев Е.В.

МАИ, Москва

В современном технологическом прогрессе искусственный интеллект (ИИ) занимает ведущую роль в различных отраслях, внося свой вклад в повышение эффективности и автономности систем. В данной работе рассматривается применение искусственного интеллекта в космической технике, где его использование проявляется на различных этапах проектирования космических аппаратов (КА).

Искусственный интеллект представляет собой область компьютерных наук, которая стремится создать устройства и системы, способные выполнять задачи, требующие интеллектуальных способностей человека. Среди ключевых характеристик ИИ выделяют возможность обучения, адаптации к новым условиям, анализа больших объемов данных и принятия решений. Одним из важных элементов ИИ являются нейронные сети, которые служат первой ступенью развития искусственного интеллекта. Эти системы способны моделировать поведение человеческого мозга, что делает их эффективными в решении сложных задач.

В контексте космической техники применение искусственного интеллекта становится все более актуальным. На этапах проектирования космических аппаратов ИИ способен существенно сократить время и материальные затраты на разработку. Моделирование и анализ данных, проведенные нейронными сетями, помогают выявлять потенциальные ошибки и улучшать конструкцию КА еще на стадии проектирования, что в дальнейшем снижает риски неудач и обеспечивает более высокий уровень надежности.

Кроме того, внедрение искусственного интеллекта в космическую технику содействует созданию более автономных космических аппаратов. Системы ИИ способны самостоятельно принимать решения на основе анализа текущей ситуации, что делает КА менее зависимыми от операторского вмешательства и обеспечивает возможность более гибкого реагирования на изменяющиеся условия в космическом пространстве.

Искусственный интеллект раскрывает потенциал в различных областях космической техники, предоставляя уникальные возможности в сфере тематической обработки спутниковых изображений. Алгоритмы ИИ позволяют автоматизировать анализ данных, обеспечивая точную классификацию объектов и выделение интересующих областей на спутниковых снимках. Также, применение ИИ в контексте контроля, диагностики и управления техническим состоянием космических аппаратов (КА) улучшает эффективность обслуживания и предупреждает возможные сбои.

Таким образом, внедрение искусственного интеллекта в космическую технику предоставляет уникальные возможности для совершенствования процессов проектирования и эксплуатации космических аппаратов. Развитие нейронных сетей, анализ данных и автономных систем — все это создает новые перспективы для эффективного использования космического пространства и содействуют дальнейшему прогрессу в исследованиях космоса, значительно сокращая временные и материальные ресурсы.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (шифр FSFF-2023-0007).

Список используемых источников:

1. Модельно-ориентированное проектирование систем управления: моделирование и тестирование до реализации в аппаратуре / Дуг Джонс, Брайан Маккай в переводе Юрия Орлова. — 2013.

2. Искусственный интеллект в космической технике. Состояние. Перспективы применения / А. Н. Балухто, В. В. Хартов, А. А. Романов; под редакцией А. Н. Балухто. 2021.
3. Модели и методы искусственного интеллекта: Учебное пособие / Матвеев М.Г., Свиридов А.С., Алейникова Н.А., 2011.
4. Gusev E., Pronkin A. Forecasting of maintenance indicators of complex technical systems during storage. AS 6, 383–391 (2023). — URL: <https://doi.org/10.1007/s42401-023-00225-6>

Приближённая модель движения космического летательного аппарата на участке спуска в атмосфере планеты

Прытков Р.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гусев Е.В.

МАИ, Москва

Современные методы расчёта движения КЛА на участке спуска в атмосфере планеты, дающие высокую степень сходимости решения с реальными значениями, требуют задание точных граничных условий, больших вычислительных мощностей и времени, всё это накладывает ограничения на процесс проектирования спускаемого аппарата [1].

В работе предложена приближённая модель движения космического летательного аппарата на участке спуска в атмосфере планеты.

Метод приближённого моделирования на раннем этапе опытно-конструкторских работ позволит ускорить процесс расчёта, сократить время и стоимость проектирования и экспериментальной отработки, за счёт уменьшения количества испытаний [2].

Методики оперативного расчёта движения СА на атмосферном участке полёта предлагаются в работах [3].

Работа основана на гипотезе, что приближённое моделирование может обеспечить большую скорость и достаточную точность вычисления параметров движения СА.

Задача работы состоит в создании программного комплекса для приближённого моделирования движения КЛА на участке спуска в атмосфере планеты.

В работе для расчёта аэродинамических характеристик СА применяется метод местных площадок, считая, что при столкновении частицы газа с элементом поверхности тела полностью теряет нормальную к элементу составляющую скорости, сохраняя тангенциальную без изменения.

Параметры течения вблизи поверхности СА вычисляются путём решения системы уравнений сохранения газовой динамики. Предположение о изэнтропном течении и равновесной диссоциации позволяет упростить решаемую систему, представить температуру и плотность как функции двух переменных, полученные аппроксимацией табличных значений.

Были проведены расчёты АДХ и траекторных параметров СА различной конфигурации в широком диапазоне изменения условий входа в атмосферу. Проведено сравнение с результатами аналогичных расчётов и с данными лётных испытаний [4]. Полученные результаты довольно хорошо согласуются с теорией и экспериментами.

Список используемых источников:

1. Финченко В.С. Методика оперативного расчёта силового воздействия разреженной атмосферы на космические летательные аппараты / В.С. Финченко, С.И. Шматов // Вестник ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина». — 2012. — №3(14). — С. 40–48.
2. Предварительные результаты расчётных и экспериментальных исследований основных параметров аэротермодинамики десантного модуля проекта «ЭкзоМарс» / В.С. Финченко, А.А. Иванков, С.И. Шматов, А.С. Мордвинкин // Вестник ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина». — 2014. — №2(23). — С. 65–76.
3. Пакет программ для систем автоматизированного аэродинамического проектирования спускаемых в атмосферах планет аппаратов / М.М. Голомазов, В.С. Финченко, А.А. Иванков, С.И. Шматов // Вестник ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина». — 2011. — №2. — С. 20–26.
4. John H. Lewis, Jr., William I. Sallion. Flight parameters and vehicle performance for project Fire flight II, launched May 22, 1966: technical note. NASA. 1966. p. 101.

Проектирование и разработка концепции лунохода на основе стандартизированной платформы

Пятыго М.И.

Научный руководитель — к.т.н. Моржухина А.В.

МАИ, Москва

Благодаря своей мобильности, высокой проходимости и работе непосредственно на поверхности объекта планетоходы являются самым оптимальным и эффективным инструментом для исследования Луны, превосходя статичные межпланетные станции и искусственные спутники.

Тема проекта актуальна, так как Луна обладает большим научно-прикладным потенциалом, что привлекает внимание многих космических агентств и государств. Для решения научно-прикладных задач по исследованию Луны необходимо иметь относительно простой, дешёвый и эффективный космический аппарат, реализация которого будет занимать как можно меньше времени и ресурсов.

Цель работы — разработка лунохода на основе унифицированных платформы и других элементов, а также его спецификации, чтобы любой желающий коллектив разработчиков по этому проекту смог реализовать свою относительно дешёвую и простую лунную миссию.

Для этого в работе решаются следующие задачи:

- 1) Проработка концепции по использованию стандартизированных роверов;
- 2) Создание общего вида спецификации проекта;
- 3) Проектирование лунохода;
- 4) Разработка общего вида спускаемого аппарата.

Суть проекта заключается в том, чтобы использовать для исследования Луны роверы, в основе которых лежат единая спецификация и унифицированная платформа. Такие планетоходы будут иметь несколько конфигураций разных габаритов: от самых маленьких, до больших, а также несколько вариантов реализаций. Спецификация проекта утвердит все его положения и конструкцию ровера. В ней будут представлены варианты реализации различных составляющих лунохода, несмотря на это организация при необходимости сможет разработать свои варианты. Это позволит сместить акцент разработчиков с базовых систем аппарата на научную аппаратуру, модернизацию конструкции лунохода и испытание экспериментальных технологий. Также предлагается отправлять роверы группами, состоящих из аппаратов различных конфигураций и конструкций, что возможно из-за небольших размеров конфигураций лунохода. Такая концепция упростит проектирование роверов, следовательно сделает их дешевле и проще, а также сделает планетные исследования доступнее.

На основе анализа конструкции советских луноходов [1], марсоходов НАСА [4] и ЕКА [3], а также проекта CubeSat [2] был разработан пример Лунохода по концепции стандартизации ключевых элементов конструкции. Для визуализации основных элементов конструкции и процесса проектирования были использованы САД программы, в которых проводилось моделирование, создание чертежей, кинематических и компоновочных схем.

Основными результатами работы являются луноход, отличающийся простотой своей реализации, уменьшением стоимости и времени его разработки и общий вид его спецификации, которая позволит спроектировать луноход любому желающему коллективу. Кроме этого также были получены:

- 1) 3D модели элементов конструкции ровера;
- 2) Массогабаритные характеристики элементов конструкции роверов;
- 3) Компоновочная схема возможной реализации лунохода;
- 4) Общий вид посадочного аппарата;

Таким образом, в работе представлен проект, который сможет сделать планетные исследования с использованием роверов проще, дешевле, доступнее, популярнее и быстрее в реализации. Это позволит сделать проведение унификации корпуса лунохода и его основных элементов конструкции. Предоставлена реализация такого лунохода.

Список используемых источников:

1. Кемурджиан А.Л., Планетоходы. Москва; Машиностроение, 1993, 397 с.;
2. CubeSat Design Specification [электронный ресурс] : URL: https://static1.squarespace.com/static/5418c831e4b0fa4ecac1bacd/t/56e9b62337013b6c063a655a/1458157095454/cds_rev13_final2.pdf;
3. Exomars Mission (2022). [электронный ресурс]: URL: <https://exploration.esa.int/web/mars/-/48088-mission-overview>;
4. Mars Exploration Rovers — NASA Mars. [электронный ресурс] : URL: <https://mars.nasa.gov/mer/>.

Анализ движения группировки мультироторных летательных аппаратов в составе спускаемого аппарата в атмосфере Венеры

Рыжков В.В., Яценко М.Ю.

Научный руководитель — д.т.н. Воронцов В.А.

МАИ, Москва

Современные исследования космоса сопровождаются расширением возможностей техники и развитием методов исследования, что приводит к появлению новых подходов к изучению планет нашей Солнечной системы. Одной из таких планет является Венера, атмосфера которой представляет особый интерес для ученых.

Мультироторные летательные аппараты — это устройства с жестко закрепленными винтами, установленными по вертолетной схеме, способные обеспечить вертикальный взлет и посадку, а также управляемые полеты в воздухе. Они находят широкое применение в различных областях, включая аэрофотосъемку, геодезию, поисково-спасательные операции и другие. В контексте исследований атмосферы Венеры, мультироторные летательные аппараты могут использоваться для сбора данных о составе и структуре атмосферы, метеорологических явлениях и других параметрах.

Планируется запуск мультироторных летательных аппаратов с системы аэростатного зонда в облачном слое атмосферы Венеры. Это позволит осуществить более длительные и точные измерения, чем использование только лишь посадочных аппаратов.

Торможение спускаемого аппарата в атмосфере Венеры представляет собой сложный процесс, обусловленный несколькими факторами.

Во-первых, атмосфера Венеры характеризуется очень высоким давлением и температурой, что создает значительное термическое и механическое воздействие на аппарат во время спуска. Для преодоления этих условий требуются специальные материалы и конструкции.

Во-вторых, высокая скорость входа в атмосферу Венеры требует точного расчета и управления траекторией спуска, чтобы минимизировать тепловые нагрузки и обеспечить безопасное движение. Важно учитывать взаимодействие аппарата с атмосферными слоями, такими как облачные и газовые оболочки, которое может влиять на его движение и стабильность. Все эти факторы делают процесс торможения в атмосфере Венеры сложным и требующим тщательной инженерной разработки и анализа.

На первом этапе осуществляется вход в атмосферу Венеры. Это происходит на высоте порядка 125 километров. Посадочный аппарат (ПА) рассматривается совместно с системой аэростатного зонда (САЗ) как единый объект, начинающий торможение в атмосфере Венеры.

После входа в атмосферу происходит отделение верхней полусферы от нижней полусферы спускаемого аппарата на высоте порядка 64 километров. Верхняя полусфера, включающая аэростат, несколько МРЛА, тормозные парашюты и другие элементы продолжает движение для дальнейшего исследования атмосферы Венеры.

Аэростатный зонд вводится в действие на высоте порядка 55 километров. На этом этапе аэростат, являющийся частью САЗ, активируется как одно из технических средств исследования атмосферы Венеры, и предполагается активировать группировку МРЛА.

В работе рассматривается актуальная проблема исследования атмосферы планет нашей Солнечной системы, в частности, Венеры. Вводятся новые подходы, основанные на использовании МРЛА, которые могут собирать данные о составе и структуре атмосферы Венеры, что открывает новые перспективы для исследований. Процесс торможения спускаемого аппарата в атмосфере Венеры рассматривается как сложный и требующий тщательной инженерной разработки, особенно в контексте высокого давления и температуры. После анализа процесса торможения спускаемого аппарата в атмосфере Венеры вместе с группировкой МРЛА на борту можно сделать следующие выводы:

- программирование динамики спуска играет ключевую роль в обеспечении безопасности и точности миссии, включая регулирование скорости спуска, навигационное планирование и обеспечение стабильности движения спускаемого аппарата в атмосфере Венеры;

- интеграция МРЛА в систему аэростатного зонда позволяет расширить возможности исследования атмосферы Венеры;

- запрограммированные этапы процесса торможения обеспечивают необходимую точность движения аппаратов в атмосфере планеты. Программирование динамики спуска играет ключевую роль в обеспечении безопасности и точности миссии, включая регулирование скорости спуска, навигационное планирование и обеспечение стабильности движения спускаемого аппарата в атмосфере Венеры.

Список используемых источников:

1. Яценко М.Ю., Воронцов В.А., Рыжков В.В. Системотехническое исследование мультироторного летательного аппарата как перспективного технического средства изучения атмосферы и поверхности планеты Венера // Космические аппараты и технологии. — 2023. — Т.7. №3 (45). — С.220-226. (DOI: 10.26732/j.st.2023.3.06).

2. Яценко М.Ю., Воронцов В.А., Рыжков В.В. Обзор проблемных вопросов создания мультироторного летательного аппарата для исследования Венеры // Инженерный журнал: наука и инновации (электронное научно-техническое издание). — 2023. — вып.2. — 14 с. (DOI: 10.18698/2308-6033-2023-2-2255).

3. Воронцов В.А., Малышев В.В., Пичхадзе К.М. Системное проектирование космических десантных аппаратов. — М.: Изд-во МАИ, 2021. — 256 с.

4. Пичхадзе К.М., Малышев В.В. Математическое обеспечение для проектно-баллистического исследования динамики неуправляемого движения спускаемых аппаратов: Монография. — М.: МАИ-ПРИНТ, 2018 — 210 с.

Двухступенчатая сверхлёгкая метеорологическая ракета-носитель

Салтыков В.А., Юманов А.К., Халтаева Ю.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Саваровский А.А.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург

Для измерения параметров атмосферы разработаны разные устройства. Для доставки таких устройств на определенную высоту создаются метеорологические ракеты. Обычно эти ракеты — одноступенчатые, что не позволяет доставлять устройства на высоты более 3 км. Чтобы преодолеть это расстояние была разработана двухступенчатая метеорологическая ракета-носитель. Такая ракета способна выводить полезную нагрузку, массой 1 кг, на максимальную высоту.

Ракета-носитель является блочно-модульной конструкцией. Для ее реализации стабилизаторы и корпуса ступеней выполнены полностью разъемными, облегчая транспортировку и замену неисправных элементов ракеты-модели.

Ракета-носитель состоит из двух ступеней: каждая включает в себя корпус, двигательный блок, систему спасения, стабилизационное оперение, блок электроники; головного обтекателя, блока полезной нагрузки, системы разделения ступеней. Материал корпусов ступеней выполнен из стеклопластика.

Прочностные расчеты производились в среде ANSYS. К нижнему концу трубы приложили 550 Н, а другому 600 Н в продольном направлении. На основании

вышеприведенного исследования получены напряжения в материале, исходя из того, что они меньше предела текучести, то конструкция выдержит прикладываемые нагрузки.

В целях безопасности и быстрой замены электроника размещается в блоках, собираемых вне корпуса и помещаемых в ракету-носитель через головной обтекатель. Блок электроники вмещает в себя основную электронику и отсек для «чёрного ящика», что обеспечивает безопасное нахождение ракеты-носителя в собранном виде. Электроника обеспечивает безопасный дистанционный запуск, получение сведений о перегрузках, об отклонениях по осям во время полёта ракеты-носителя, поиск по GPS координатам. В обтекателе находится еще один комплект электроники, с помощью которой можно получить относительную скорость через измерение полного и статического давления среды, используя трубку Пито-Римана.

Стартовая электроника вынесена отдельным комплексом вне корпуса ракеты-модели, что облегчает конструкцию ракеты и обеспечивает безопасность.

Соединение ступеней происходит с помощью переходного отсека, выполняющего также роль газоотвода двигателя второй ступени. Газоотвод выполнен из ABS пластика и покрыт термоустойчивой краской, чего хватит для выполнения одного запуска. Алгоритм разделения основан на таймере, который начинает отсчёт после запуска. Старт ракеты фиксируется при превышении барьерной перегрузки в 4G в момент запуска двигателей.

Первый отсек предназначен для двигателя РДК-1000, а второй — для двигателя РДК-2000. Крепление двигателей осуществляется с помощью упоров, привинченных к корпусам с помощью 8 винтов М3, а также болтами М10. Для центровки каждой ступени используются четыре центровых кольца, скрепленные с корпусами ракеты 8-ю винтами М3, после чего устанавливается нижний обтекатель и крепятся 4 винта.

Для ракеты-носителя и полезной нагрузки была разработана система спасения, представляющая собой купольные парашюты для каждой ступени, обеспечивающие скорость спуска каждой ступени ~9м/с.

Система спасения основана на трех независимых системах:

1) С помощью барометрического датчика: отслеживается высота полета летательного аппарата относительно уровня моря и в момент снижения происходит отделение полезной нагрузки и системы спасения ЛА;

2) Вторая система основана на акселерометре и секундометре: с помощью акселерометра считываются перегрузки во время старта летательного аппарата, и далее запускается таймер на определенное время, полученное в ходе баллистического расчета;

3) В случае отказа основного блока электроники принято решение о создании резервной энергонезависимой системы спасения, запуск которой производится на земле «Стреляющим», обязанностью которого состоит в отслеживании полёта ракеты и при необходимости нажатии кнопки.

Тактико-технические характеристики:

Общая длина 2399 мм

Масса 9,7 кг

Апогей, достигаемый ракетой 3650 м

Максимальная скорость 275 м/с

Максимальное ускорение 113 м/м²

Общая стабильность 1.5 Cal

$C_x=0,51$

Первая ступень:

Калибр 112 мм

Размах стабилизаторов 452 мм

Двигатель первой ступени РДК-2000 с полным импульсом тяги 2000 Н

Стабильность первой ступени есть общая стабильность ракеты-носителя 1.5 Cal

Вторая ступень:

Калибр 92 мм

Размах стабилизатор 426 мм

Двигатель второй ступени РДК-1000 с полным импульсом тяги 1000 Н
Стабильность второй ступени 1.2 Cal

$S_x=0,45$

Циклограмма полёта:

- 1) зажигание;
- 2) старт;
- 3) прекращение работы двигательной установки первой ступени;
- 4) отделения первой ступени;
- 5) прекращение работы двигательной установки второй ступени;
- 6) достижение апогея;
- 7) отстрел полезной нагрузки;
- 8) срабатывание системы спасения.

В результате разработки была создана ракета-носитель, способная доставлять полезную нагрузку на высоту свыше 3000 м. Была разработана система стыковки и разделения ступеней. Изделие легко и быстро собирается, что позволяет выполнить пуск в кратчайшие сроки. После запуска ракету можно снова собрать и запустить с новой полезной нагрузкой и газотоводом.

Список используемых источников:

1. Мальцева О.А., ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАКЕТНЫЙ КОМПЛЕКС / Мальцева О.А., Бобров Д.А., Власенко Е.А., Подгорная В.И. // Молодежь. Техника. Космос: труды четырнадцатой общероссийской молодежной научно-технической конференции — т.1 — с.70–73

2. Халтаева Ю. С., Карасев Б. С., Подгорная В.-М. И. Сверхлегкая метеорологическая ракета вертикального старта // Сборник тезисов работ международной молодежной научной конференции XLIX Гагаринские чтения 2023. — М.: Издательство «Перо», 2023.

Анализ возможных проблем при эксплуатации клапанов в ПГС и их возможное решение. Полноподъемность обратного клапана

Самокаев В.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ушаков В.В.

МАИ, Москва

Реактивный аппарат, использующий для работы только вещества или источники энергии, имеющиеся в запасе на самом аппарате, должен иметь двигатель, который называют ракетным двигателем (РД). Летательные аппараты с ракетными двигателями и работающие только на жидкостном ракетном топливе имеют силовую установку, которую называют жидкостной ракетной двигательной установкой (ЖРДУ). Так как рабочей средой таких установок является жидкости и газы, то в ЖРДУ можно выделить пневмогидравлическую часть.

Клапаны являются неотъемлемой частью пневмогидравлических систем (ПГС) КА и ракет-носителей, выполняя направляющие и регулирующие функции.

В работе рассматривается назначение клапанов, в частности обратных клапанов, их применение в пневмо и гидросистемах космических аппаратов (КА) и ракетах-носителях (РН). Приводятся наиболее часто встречающиеся проблемы во время эксплуатации клапанов, такие как: кавитация, аэрация, возникающие гидродинамические силы, явление автоколебаний.

Более подробно рассматривается проблема, связанная с автоколебаниями обратных клапанов (ОК). Автоколебания могут привести к повышенному износу направляющих пар, в пределе к заклиниванию, также к разрушению уплотнителя по седлу, и, как следствие, к повышенной негерметичности обратного клапана на закрытие. Они возникают из-за того, что сила пружины больше силы от гидравлического перепада на клапане. Поэтому предъявляется требование к ОК, чтобы он надежно опирался на затвор, то есть обеспечивалась полноподъемность. Проводится расчет на обеспечение условия, при котором гидравлическая (пневматическая) сила будет больше силы пружины. Также рассматривается конкретный пример с расчетом обратного клапана по схеме.

Список используемых источников:

1. Ушаков В.В. Агрегаты пневмогидравлических систем / В.В. Ушаков, А.М. Щербаков. Под ред. В.М. Филина — М.: Изд-во МАИ, 2017. — 204 с.: ил.
2. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. — М. : Машиностроение, 1992. — 672 с.: ил.
3. Наземцев А.С. Пневматические и гидравлические приводы и системы. Часть 2. Гидравлические приводы и системы. Основы. Учебное пособие / А.С. Наземцев, Д.Е. Рыбальченко. — М.:ФОРУМ, 2007 — 304 с. Ил.
4. Башта Т.М. Гидравлические приводы летательных аппаратов. — М.:Машиностроение, 1967.
5. Челомей В.Н. Пневмогидравлические системы ДУ с ЖРД / В.Н. Челомей, Д.А. Полухин, В.М. Орещенко, Г.Л. Усов. — М., Машиностроение, 1978, 240 с.: ил.

Концепция перспективной лунной орбитальной станции с баллистическим обоснованием её положения

Санталова Я.А.

Научный руководитель — Токарчук О.Ю.

ТУ им. А.А. Леонова, Королёв

Лунная орбитальная станция — это амбициозный проект, который будет играть важную роль в исследовании и освоении Луны. Она станет основным центром операций для научных миссий, а также базой для космонавтов, занимающихся исследованием лунной поверхности и изучением ее ресурсов.

Станция будет состоять из нескольких модулей. Все модули будут однотипны по форме исполнения, для того чтобы они могли легко состыковываться и выводиться на орбиту с помощью одного класса РН.

Модули, которые будут входить в состав станции, будут предназначены для разных целей, начиная от места проживания экипажа, заканчивая местом для проведения различных научных исследований.

В состав входят такие модули, как:

1. Центральный модуль
2. Шлюзовой модуль
3. Технологический модуль
4. Астрофизический модуль
5. Переходной модуль
6. Жилой модуль
7. Лабораторно-исследовательский модуль

Окончательная компоновочная схема многоблочной станции выбирается с учетом обеспечения максимальной безопасности полета и длительной надежностью.

Для конструкций типа лунной станции (многоблочная станция) достижение уровня безопасности достигается за счет изоляции экипажа в убежище, в качестве которого может быть использован жилой модуль. Если же рабочий режим не удастся восстановить, предусматривается эвакуация с помощью транспортного корабля.

На станции предусмотрено обеспечение местного и централизованного контроля отказов, а также локализация поврежденных элементов.

Доставка модулей будет выполняться с помощью РН и разгонного блока, которые смогут вывести полезную нагрузку на окололунную орбиту в окрестность нужной точки Лагранжа. Исходя их параметров и габаритов определяется класс РН и разгонный блок.

В данном проекте выдвигается концепция станции на окололунной орбите, которая будет располагаться в точке Лагранжа L2.

Гало-орбиты — периодическая трёхмерная орбита возле точек Лагранжа L₁, L₂ или L₃ в задаче трёх тел орбитальной механики. Задача трёх тел используется в астрономии для определения движения трех небесных объектов, взаимодействующих друг с другом, однако

решения не имеет. Т.к гало-орбиты нестабильны, для ее поддержания будут необходимы небольшие корректировки с помощью двигателей.

Существует множество гало-орбит, например, орбита Ляпунова, почти прямолинейные гало-орбиты (NRHO), южная, северная, но конкретно для нашей миссии, самой подходящей орбитой будет прямолинейная. Данная орбита обладает рядом преимуществ: энергоэффективность, простота, стабильность.

С помощью системы дифференциальных уравнений, которые определяются интегралом Якоби можно сказать, что есть пять точек положений равновесия и все они находятся в плоскости и называются точками Либрации. Используя замену, приведем систему дифференциальных уравнений высшего порядка к системе дифференциальных уравнений первого порядка, где мы имеем зависимость фазового вектора от нелинейной функции и представим это условно в системе координат.

Видно, что при выполнении определенных условий, справедливо неравенство частного случая для стягивания отрезков в точки, следовательно можно сказать, что решение стремится практически с асимптотической устойчивости.

Исходя из выше написанного, можно сказать, что прямолинейные гало-орбиты неустойчивы и для коррекции орбиты будут необходимы небольшие импульсы ОДУ.

Про орбиту Ляпунова можно сказать, что плоские колебания и вращения являются неустойчивыми по отношению к возмущениям координат и скоростей, т.к. их периоды зависят от начальных условий, которые отличаются от условий прямолинейных гало-орбит. Исходя из расчетов орбиты Ляпунова видно, что решение также стремится практически с асимптотической устойчивости, но не настолько сильно, как прямолинейная гало-орбита. Получается, если решения меньше единицы, то орбита является устойчивой, если решение превышает единицу, то орбита является неустойчивой. Можно сделать вывод, что прямолинейная гало-орбита имеет меньшую неустойчивость, чем орбита Ляпунова. Именно по этим характеристикам мы и подбираем орбиту для нахождения нашей будущей станции.

Корректировка орбиты станции будет происходить за счет ОДУ, которые будут побираться за счет массогабаритных характеристик. Планируется, что станция будет делать полный оборот вокруг Луны за 7 дней т.к наша станция находится в точки Либрации L2, корректировать орбиту желательно каждые две недели, выдавая соответствующие импульсы.

Список используемых источников:

1. Баринова, Е.В. Основы теории устойчивости движения применительно к задачам космической техники : учеб. пособие / Е. В. Баринова ; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Самар. нац. исслед. ун-т им. С. П. Королева (Самар. ун-т). — Самара : Изд-во Самар. ун-та, 2023. — 1 файл (2,0 Мб). — ISBN = 978-5-7883-1975-9. — Текст : электронный
2. Маркеев А.П. Точки либрации в небесной механике и космодинамике. «Наука», 1978
3. K. Hambleton, “Deep Space Gateway to Open Opportunities for Distant Destinations,” web, Mar. 2017
4. Eismont N., Dunham D., Jen S.-C., Farquhar R. Lunar Swingby as a Tool for Halo-Orbit Optimization in Relict-2 Project // Proceeding of the ESA Symposium on Spacecraft Flight Dynamic, Germany, 30-4 October, 1991 (ESA SP-326, December 1991), pp.435–439.

Расчёт допустимого температурного диапазона на блоках системы телеметрических измерений на этапе работы двигательной установки при огневых стендовых испытаниях

Селуянова М.В., Нагаева Е.А., Жиркова А.Е.

Научный руководитель — Пичужкин П.В.

МАИ, Москва

Стендовые испытания являются одним из важнейших этапов создания ракетно-космической техники (далее — РКТ). По результатам таких испытаний либо подтверждается надежность изделия, либо рассматривается вопрос о возможности его доработки. Результаты испытаний анализируются по информации, полученной в ходе испытаний от первичных

измерительных преобразователей (датчиков) и средств видеонаблюдения и записи. Эта информация обрабатывается и анализируется, а затем оформляется в виде отчета.

В данной работе решается задача по расчету тепловой защиты нештатных измерительных приборов, установленных в отсеке ступени, для измерения различных параметров при проведении огневых испытаний.

Наземные комплексные испытания (далее — НКИ) обычно происходят в качестве завершающего этапа наземной отработки изделий РКТ. Одним из таких этапов является комплексная отработка ступеней ракета-носителей (далее — РН). Комплексная отработка ступеней РН, как правило, состоит из «холодных» стендовых испытаний (далее — ХСИ) и огневых стендовых испытаний (далее — ОСИ) изделия.

ОСИ проводят в завершение наземной стендовой отработки. Во время таких испытаний производят отработку двигателя в режимах, максимально приближенных к штатным режимам работы.

В ходе данной работы была решена задача по расчету тепловой защиты нештатных измерительных приборов, установленных в отсеке ступени, для измерения различных параметров при проведении огневых испытаний, и были получены следующие выводы:

1. Поддержание требуемого допустимого температурного диапазона на блоках СТИ на этапе работы ДУ при ОСИ изделия может быть обеспечено введением дополнительного теплозащитного экрана.

2. Превышение максимальной допустимой температуры блоков СТИ плюс 50 °С происходит через ~ 400 с после отключения двигательной установки (далее — ДУ).

3. Перед началом ОСИ необходимо обеспечить температуру среды в двигательном отсеке не выше 30 °С.

4. Обдув экрана ДУ при ОСИ является обязательным.

Список используемых источников:

1. Патент 2490489 Российская Федерация, МПК F02C 3/30. Способ уменьшения выбросов окислов азота из газотурбинной установки с регенерацией тепла: № 2011135125/06: заявл. 23.08.2011: опубл. 20.08.2013 / Белоглазов А.А., Иванов П.П., Медин С.А.; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН).

2. Лукашевич В.П. «БУРАН»: факты и мифы. К 20-летию полета МТКК «Буран» // Космические исследования и технологии: журнал. 2019. № 1. С. 38–47.

3. Когут М.В. «Бураны» второй серии. К 30-летию полета «Бурана» // Новости космонавтики: журнал. 2018. № 12(431). С. 64–72.

Исследование влияния скоростного напора на управляемость

Сёмкин Д.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Торпачев А.В.

МАИ, Москва

Тема работы: Исследование влияния скоростного напора на управляемость ракет космического назначения. Актуальность темы исследования обусловлена важностью расчетов и оценки влияния характеристик окружающей среды на конструкцию ракеты-носителя во время полета. Исследуя варианты воздействий скоростного напора, при разных значениях угла атаки и скорости, будет возможно смоделировать наиболее подходящую траекторию полета ракеты. Степень проработанности темы исследования находится на уровне студента 2 курса магистратуры. Информация по данной тематике описана в работе Мануйленко В.Г. «Теоретические основы построения крылатых управляемых ракет», где указываются принципы изменения скорости и направления полета при перегрузке ракеты, однако численные результаты на основе модели не представлены. Целью научно-исследовательской работы является анализ влияния скоростного напора и связанных характеристик на конструкцию ракет космического назначения. Задачами научно-исследовательской работы являются:

- 1) изучение основных сил, действующих на ракету-носитель в полете;

- 2) проведение расчетов при разных условиях полета ракеты;
- 3) анализ полученных результатов и выводы по дальнейшим перспективам развития.

Объектом исследования является возможные сложности при управлении траекторией полета ракет космического назначения, а предметом изучения служат свойства и характеристики, влияющие на эффективность методов управления. Научная новизна заключается в получении наиболее эффективного способа управления траекторией полета, основываясь на изученных материалах. Теоретическая значимость научно-исследовательской работы может способствовать развитию расчетов траектории полета, а также увеличению прочностных характеристик при управлении ракетой.

Практическая значимость результатов исследования заключается в повышении точности выведения космической техники на требуемую орбиту.

Основные цели, достигаемые при проектировании ракет космического назначения, являются создания такой конструкции, чтобы она была максимально прочной, но в тоже время и легкой, так как необходимо обладать высокой степенью эффективности выведения полезного груза на орбиту и других целей запуска. С точки зрения достижения наиболее благоприятных условий эксплуатации РКН во время полета необходимо достигать наименьшего воздействия внешних силовых факторов, поэтому правильно подобранная траектория может служить эффективным способом борьбы с перегрузками. Также уменьшению нагрузок может способствовать специальные системы управления, находящиеся на ракете, которые в случае превышения значения аэродинамических сил в тех или иных сечениях будет проводить регулировку курса. А для определения наиболее благоприятной траектории необходимо проводить расчеты с определением точных метеорологических условий во время пуска, поэтому, чем точнее будут известны значения, тем более верный вариант траектории будет задан при старте, а следственно и нагрузки, приходящиеся на ракету, будут меньше. Способами, которые могут помочь в управляемости ракет и как следствие снижение нагрузок на ракету могут быть:

- 1) Адаптивное изменение траектории в реальном времени, которое может быть достигнуто с помощью комбинированных систем управления, использующиеся в авиа и ракетостроении.

- 2) Определение точных значений метеорологических параметров во время предпусковой подготовки с помощью более современных измерительных приборов.

В ходе написания научно-исследовательской работы была изучена и обобщена информация по теме «Исследование влияния скоростного напора на управляемость ракет космического назначения». Основные результаты, полученные в соответствии с целью исследования:

- 1) изучение и обобщены влияния основных сил, действующих на ракета-носитель в полете;

- 2) проведен расчет при разных условиях полета ракеты;

- 3) получены выводы на основе анализ полученных результатов и посчитана процентная оценка влияния скоростного напора на нагрузки, действующие на РКН в полете.

По результатам выполненной научно-исследовательской работы можно сделать следующие выводы:

- 1) при конструировании необходимо учитывать расчетные значения действующих перегрузок;

- 2) учет наиболее благоприятной траектории и времени старта соответствующему моменту, когда влияние внешних сил будет наименьшим, может существенно повысить технические характеристики ракеты космического назначения;

- 3) необходимо повышать эффективность средств выведения и управления РКН.

Степень достоверности и сведения об апробации результатов представлены в работе В.В. Васильева «Расчет аэродинамических характеристик Ракет-носителей», где подробно описана зависимость аэродинамических характеристик и прочность конструкции. Возможными перспективами продолжения работ по данной тематике заключается в необходимости проведения расчетов, с целью определения возможности повышения летных характеристик

ракет космического назначения за счет уменьшения массы конструкции, при условии соответствия заданных параметров полета расчетным и наличии соответствующего способа управления.

Список используемых источников:

1. Канащенков А.И., Меркулов В.И. Автономные и комбинированные системы наведения. — М.: Радиотехника, 2004 — 320 с;
2. Сухарулдзэ Ю.Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов. — М.: Бином, 2013 — 407 с;
3. Иванов В.Э., Фридзон М.Б., Ессяк С.П. Радиозондирование атмосферы. Технические и метрологические аспекты разработки и применения радиозондовых измерительных средств. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 596 с.

Расчёт параметров внешних взрывных нагрузок и действия этих нагрузок на конструкцию компрессорной станции ракетного топлива

Сладкова Е.А., Антимонова М.А., Антимонов К.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Лушпа Е.Ю.

МАИ, Москва

В современных условиях введения огромного количества незаконных санкций против Российской Федерации из-за проведения специальной военной операции, особое внимание уделяется развитию ракет космического назначения, использующих в качестве топливно-окислительной пары нафтил и жидкий кислород. Причиной такого выбора является ряд достоинств данных компонентов, которые включают в себя малую токсичность, меньшее образование сажи от сгорания нафтила по сравнению с керосином и достаточно высокую энергетическую эффективность данной топливной пары.

Однако следует отметить, что использование углеводородных горючих всегда сопряжено с взрыво- и пожароопасностью данных веществ. Поэтому, важно исследовать воздействие взрывных нагрузок на инфраструктуру космодрома, в частности на заправочное оборудование, для обеспечения безопасности и дальнейшей эксплуатации.

В данной работе было проведено моделирование взрыва компрессорной станции ракетного топлива (горючее — нафтил), размещенной на космодроме Плесецк. Был осуществлен расчет параметров внешних взрывных нагрузок на сооружение и проведена оценка воздействия этих нагрузок на конструкцию компрессорной станции. На основе полученных данных были сделаны выводы о возможности дальнейшей эксплуатации станции.

Результаты данной работы могут быть использованы разработчиками ракетно-космической техники и эксплуатирующими организациями при использовании нафтила в качестве горючего для ракет-носителей. Они могут стать основой для дальнейших исследований и разработок, направленных на обеспечение безопасности при использовании данной топливной пары.

Список используемых источников:

1. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 № 123-ФЗ.
2. Болдырев К.Б. Ракеты-носители: учебник / К.Б. Болдырев, В.А. Грибакин, А.Ю. Карчин, С.Ю. Пирогов, А.Э. Султанов — СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2018. — 390 с.
3. Лушпа, Е.Ю. Расчет распространения облака компонентов ракетного топлива при аварии ракеты космического назначения на старте / В. В. Кабаков, Е. Ю. Лушпа, В. А. Костенко // Оборонный комплекс — научно-техническому прогрессу России. — 2023. — № 3(159). — С. 39-43. — DOI 10.52190/1729-6552_2023_3_39. — EDN QUAFFZV.

Выбор структуры и параметров контура стабилизации манёвренного беспилотного летательного аппарата с учётом требований аэросервоупругости

Степаненко В.В.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Парафесь С.Г.

МАИ, Москва

Рассматривается подход к формированию контура стабилизации беспилотного летательного аппарата (БЛА) с учетом требований аэроупругой устойчивости с системой автоматического управления (САУ).

Использование БЛА без бортовой системы стабилизации чревато большими отклонениями от заданной траектории, колебательной траекторией полета и разрушением БЛА из-за превышения предельно допустимых значений из условий прочности. Максимальная опасность возникновения автоколебаний в контуре «упругий ЛА — САУ» (точнее, «упругий ЛА — система стабилизации») возникает при достижении потолка скоростей и маневренных перегрузок БЛА, а также при повышении быстродействия САУ и применении рулевых приводов со сравнительно малой жесткостью.

Это происходит из-за недостаточного момента аэродинамического демпфирования и большой зависимостью реализуемой перегрузки от статической устойчивости БЛА.

Наличие бортовой системы стабилизации позволяет управлять вращательным движением БЛА и созданием боковых ускорений по командам, вырабатываемым в контуре управления.

Система стабилизации, включающая БЛА, обратные связи, вычислительные и исполнительные механизмы, образует контур стабилизации. Проектирование системы стабилизации начинается с этапа разработки технического задания на БЛА. На этом этапе осуществляется выбор структуры и формируется устойчивый контур стабилизации при рассмотрении отдельно изолированного поперечного движения и движения по крену.

Далее, на этапе эскизного проектирования, рассматривается контур взаимосвязанного движения относительно поперечных осей и по крену.

Таким образом, объектом исследования является бортовая система стабилизации, которая осуществляет стабилизацию движения БЛА относительно трех взаимно-перпендикулярных связанных осей: поперечных осей (каналов тангажа и курса) и продольной оси (канал крена). Взаимным влиянием каналов пренебрегается, т.е. каналы управления рассматриваются независимо.

При построении бортовой системы стабилизации поперечным движением БЛА решаются следующие основные задачи:

- Определяется структура системы стабилизации: с обратной связью по угловой скорости или с обратными связями по угловой скорости и линейному ускорению. Выбор структуры системы стабилизации зависит от точности отработки команд управления, возможности управления статически неустойчивым БЛА, инвариантности к производственной асимметрии БЛА и чувствительности к упругим колебаниям корпуса, воспринимаемым датчиками системы стабилизации.

- Определяются основные параметры системы стабилизации выбранной структуры, в том числе с учетом изгибных колебаний корпуса БЛА, а, именно: потребляемая частота аппаратной части, коэффициенты усиления по цепям угловой скорости и линейного ускорения, параметры кинематических звеньев тракта системы стабилизации. Также формируются требования к амплитудным и фазовым характеристикам рулевого привода и параметрам антиизгибного фильтра.

При решении задачи построения бортовой системы стабилизации по крену БЛА определяются коэффициенты усиления обратных связей по угловой скорости и углу крена, а также формируются требования к характеристикам рулевого привода. Данная задача решается для поддержания заданного угла или угловой скорости вращения по крену.

Список используемых источников:

1. Беспилотные летательные аппараты. Основы устройства и функционирования / П.П. Афанасьев, И.С. Голубев, С.Б. Левочкин, В.Н. Новиков, С.Г. Парафесь, М.Д. Пестов, И.К. Туркин. Под ред. И.С. Голубева и И.К. Туркина. Изд. 3-е. — М., 2010. 654 с.

Предупреждение и ликвидация космических угроз с помощью кинетического удара

Стулова Л.П.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Береговой В.Г.

МАИ, Москва

В последние десятилетия внимание научной общественности привлекает проблема столкновения с Землей крупных космических тел — астероидов и комет. Астрономические наблюдения, геологические данные, информация об эволюции биосферы и результаты исследований планет и их спутников показали, что столкновения этих тел с планетами были не только в далеком прошлом, но и вполне вероятны в современную эпоху [1]. Космическая миссия «DART» NASA успешно отработала кинетический удар по астероиду, поэтому защита Земли от астероидов с помощью данного метода борьбы является актуальной.

Космический аппарат, предназначенный для этой миссии, представляет собой конструкцию с усиливающим устройством, которая полностью уничтожится вследствие удара. Космический аппарат будет доставлен на орбиту исследуемого потенциально — опасного астероида и создаст импульс, который изменит траекторию движения небесного тела и отведет астероид от Земли [2].

В ходе проведения исследования были рассмотрены аналоги космического аппарата и миссий, проанализированы их недостатки и преимущества в конструкции и компоновке. Получены массово — габаритные характеристики.

Структура аппарата включает в себя несколько основных систем: система энергоснабжения, двигательная установка, система терморегулирования, силовая конструкция, целевое оборудование, радиотехнические системы, система управления движением.

Отличительной чертой аппарата является его усиливающее устройство — пенетратор со взрывным кумулятивным зарядом, для наибольшего импульса. Наличие усиливающего устройства ведет к значительному увеличению суммарной массы космического аппарата. Вследствие этого был проведен оптимизационный расчет массово — габаритных характеристик в сравнении с аналогами. Также разработана компоновочная схема разрабатываемого космического аппарата.

В заключении можно сделать вывод, что данный космический аппарат является перспективным в системе защиты Земли от астероидной угрозы, но нуждается в экспериментальных данных по целевой работе с автоматическим прицеливанием и кинетическим ударом.

Список используемых источников:

1. Шустов Б. М., и др., Астероидно-кометная опасность: вчера, сегодня, завтра //М.: Физматлит. — 2010. — Т. 384. — С. 290–291.

2. Андрущенко В. А. и др. «Моделирование физических процессов воздействия мощного ядерного взрыва на астероид» //Компьютерные исследования и моделирование. — 2019. — Т. 11. — №. 5. — С. 861–877.

Перспективы применения околоземной станции для выполнения лунных миссий

Ткачук М.О.¹

Научный руководитель — Зарубин Д.С.^{1, 2}

¹МАИ, Москва; ²ИКИ РАН

В отличие от ранних программ, когда в СССР и США переход к созданию посещаемых орбитальных станций был связан с отказом от пилотируемой лунной программы, сегодня ведущие космические агентства заявляют о начале реализации программ исследования и освоения Луны одновременно с сохранением и развитием возможностей на околоземной орбите.

Освоение Луны включает в себя целый комплекс научно-технических задач, связанных с обеспечением устойчивого присутствия и выполнения работ в области научных исследований и использовании местных ресурсов (ISRU). В этой связи, а также с учётом геополитических вопросов — «Луна — седьмой континент Земли», лунная тематика становится одним из приоритетов для возрастающего числа космических агентств.

Для околоземной орбиты сегодня, с 2000 года, обеспечивается постоянное присутствие человека. Происходит переход от освоения к использованию этой области космического пространства.

В данной работе приведён обзор вариантов использования имеющейся низкоорбитальной инфраструктуры (околоземных пилотируемых станций) для решения задач доступа в окололунное пространство.

1. Отработка и демонстрация технологий.

На российском и американском сегментах международной космической станции (МКС) сегодня реализуются масштабные научные программы. Одним из направлений научно-прикладных исследований является: «Технические исследования и технологии пилотируемых космических полётов». В том числе, в рамках данного направления речь идёт об отработке и совершенствовании технологий и систем для использования уже при создании посещаемых объектов в окололунном пространстве и на поверхности Луны.

2. Орбита старта к Луне.

Известны преимущества старта к Луне с промежуточной околоземной орбиты — возможность старта каждые сутки и оптимальные условия старта по угловой дальности (для российских космодромов, при старте к Луне с Земли, максимальная угловая дальность в принципе не обеспечивается). Традиционно в качестве промежуточной орбиты рассматривается околоземная круговая орбита $N_{кр}=200$ км. Вместе с тем, отработанные технологии и методики выполнения сближения и стыковки позволяют рассматривать сценарии миссии со стартом к Луне с борта околоземной станции. Суммарное изменение скорости ΔV за такой дополнительный манёвр можно оценить в несколько десятков метров в секунду (м/с). Потенциальные преимущества особенно интересны при выполнении лунной миссии по двухпусковой схеме со стыковкой «лунной» полезной нагрузки (ПН) и разгонного блока, обеспечивающего старт к Луне, на околоземной орбите:

- Возможность проверок ПН в составе станции после выведения с Земли;
- Развязка двух запусков по времени без расхода ресурса автономного полёта ПН.

3. Орбита возвращения от Луны.

Известны оценки, что масса средств посадки пилотируемых транспортных кораблей на Землю составляют до 40% массы. В настоящее время рассматриваются [3, 4] варианты схем миссий, которые в сочетании с наличием посещаемых станций/платформ у Земли и на выбранной окололунной орбите создают предпосылки для разработки транспортной системы нового типа с «транзитом» экипажа между околоземным и лунным пилотируемыми кораблями на околоземной станции. Переход от второй до первой космической скорости при возвращении от Луны может быть обеспечен либо аэроторможением (что требует совершенствования систем управления при нырке в атмосферу — известны эксперименты в данном направлении: в США с использованием надувных трансформируемых конструкций; в Японии — сбрасываемые капсулы, аналоги «Радуга»), либо с промежуточной стыковкой с дополнительным ракетным блоком.

Список используемых источников:

1. Zarubin D., Mikrin E., Sevast'yanov N., Beglov R., Makushenko Y. Lunar orbital platform segment for support and provision of lunar surface missions. 70th International Astronautical Congress (IAC), Washington, USA, 21–25 October, 2019. IAC-2019.A5.1.5. Washington, 2019, pp. 1–7.

2. Макушенко Ю.Н., Муртазин Р.Ф., Зарубин Д.С. Космический порт для доставки экипажа на поверхность Луны. Космическая техника и технологии, 2019, № 2 (25), с. 5–13.

3. Y. Makushenko, R. Murtazin, A. Derechin, D. Zarubin, "The Cislunar Spaceport: An effective approach for the crew delivery to the lunar surface", IAC-17-A5.1.2, 68th International Astronautical Congress, Adelaide, Australia, 2017, 25-29 September

4. Муртазин Р.Ф. Транспортная космическая система «Рывок-2» для доставки экипажа на лунную базу // Полёт. 2020. № 8. С. 3–9.

Концепция конструкции активного гибкого узла навески солнечной панели для малых космических аппаратов, изготовленного с широким применением аддитивных технологий

Трахман Р.А.

Научный руководитель — к.т.н. Кургузов А.В.

МАИ, Москва

За последнее десятилетие аддитивные технологии получили бурное развитие. Появились новые материалы с улучшенными механическими свойствами. Принтеры стали печатать быстрее и более точно, а программное обеспечение для них теперь может обрабатывать большие и сложные модели. Поэтому конструкторы и проектировщики всё чаще в своих решениях полагаются на аддитивные технологии.

Одно из направлений в конструировании техники, широко полагающееся на аддитивные технологии — разработка гибких механизмов. Такие механизмы, в отличие от традиционных, передают силу и движение за счёт упругой деформации. Им не страшны пыль, влага и экстремальные температуры. В них отсутствует трение покоя, они не требуют смазки и очистки, а также зачастую легче и компактнее традиционных механизмов. Всё это делает выгодным применение гибких механизмов в космической технике, где крайне ценны малый вес конструкции, а также отсутствие контактирующих элементов, требующих смазки и подверженных холодному свариванию в условиях открытого космоса. При этом, гибкие механизмы зачастую невозможно изготовить каким-либо путём, кроме как посредством трёхмерной печати.

В работе представлена концепция конструкции активного гибкого узла навески солнечной панели для малых космических аппаратов, изготовленного с опорой на аддитивные технологии. Узел навески позволяет как развёртывать солнечные панели аппарата, в том числе, при пуске из контейнера, так и приводить их в широкий диапазон положений. Одно из свойств узла навески — переменная жёсткость. Это позволяет механизму удерживать заданное положение без затрат энергии.

Конструктивно узел навески состоит из жёстких интерфейсных частей, изгибающейся средней части и приводящих пружин, изготовленных из сплава с памятью формы.

Изгибающаяся часть состоит из тонкой металлизированной стеклотекстолитовой пластины, помещённой внутрь оболочки из пластмассы с низкой температурой стеклования. Металлизация на пластине выполнена так, чтобы она могла работать как нагреватель при пропускании по ней электрического тока.

Интерфейсные части представляют из себя бобышки, изготавливаемые из материала, спекающегося с материалом оболочки средней части, но имеющего более высокую температуру стеклования.

Принцип работы механизма состоит в том, что при нагреве пластины нагревается и оболочка, в которую она заключена. При достижении оболочкой температуры выше температуры стеклования, она переходит из твердого стеклообразного состояния в пластичное, что позволяет изгибать механизм. Изгиб происходит посредством «сокращения» или «расслабления» пружин из сплава с памятью формы. Они нагреваются при помощи пропускания через них электрического тока, что позволяет контролируемо изменять их форму и создавать изгибающее усилие. При достижении заданного положения нагрев оболочки прекращается, она возвращается в твёрдое стеклообразное состояние, а механизм остаётся в установившемся положении без подведения к нему энергии.

Механизм изготавливается посредством трёхмерной печати. При изготовлении изгибающейся части, пластина из текстолита и провода, идущие к ней, закладываются в изделие в процессе печати оболочки. Пластмассовая оболочка и интерфейсные части печатаются как одно тело из двух разных материалов на двухэкструдерном принтере.

Расширенные возможности механизма позволяют улучшить характеристики системы электропитания КА. Изгибая узел навески можно задавать солнечным панелям оптимальное положение относительно потока солнечного света, что повышает количество собираемой энергии.

Так, в работе предложена концепция конструкции активного гибкого узла навески солнечной панели для малых космических аппаратов, изготовленного с широким применением аддитивных технологий. Узел навески имеет преимущества для работы в космическом пространстве. Особенность механизма позволяет удерживать положение солнечной панели без затрат энергии.

Список используемых источников:

1. Ооцука, К. Сплавы с эффектом памяти формы / К. Ооцука, К. Симидзу, Ю. Судзуки. — Москва : Металлургия, 1990. — 221 с.
2. Howell, L.L. Compliant mechanisms / L.L. Howell. — Toronto : A Wiley-Interscience Publication, 2001. — 459 с. — ISBN 0-471-38478-X.

Космическая система мониторинга лесных ресурсов

Туманова Т.С.

Научный руководитель — доцент, Береговой В.Г.

МАИ, Москва

Общая эффективность реализации мероприятий по лесовосстановлению оценивается в целом по Российской Федерации ниже средней со значением 40 %. Создание новой космической системы позволит получить более объективную информацию о состоянии лесного фонда РФ.

Предполагается, что часть территорий для наземного патрулирования возможно исследовать с помощью космической системы, а также контролировать процесс лесовосстановления и исполнительности лесных сотрудников. Была рассчитана площадь территории патрулирования, стоимость которого за один год составит 22,7 млрд руб. [1].

Цель работы — разработка космической системы дистанционного зондирования лесных ресурсов, обеспечивающей предоставление информации мониторинга лесоустройства РФ на площади 2,62 млн. квадратных километров периодичностью не более месяца, с затратами, не превышающими стоимости человеческого труда по наземному мониторингу.

В результате анализа технических требований необходимое пространственные разрешение съемки — до одного метра, количество спектральных каналов соответствует мультиспектральной съемке.

В ходе сравнительного анализа была выбрана солнечно-синхронная орбита высотой 822 км и периодом обращения 101,3 мин, главная практическая ценность которой в съёмке поверхности в одинаковых условиях освещённости.

При определении архитектуры РКС в качестве ракеты-носителя был выбран РН «Союз-2.1. (а)», в качестве разгонного блока РБ «Фрегат». Ключевым критерием при выборе транспортного средства являлось отечественное производство.

Также в ходе исследования был сформирован эксплуатационный сценарий и определены функции системы, на основе которых была отобрана целевая аппаратура спутника. В качестве съёмочной аппаратуры приняты панхроматическая и мультиспектральная съёмочные системы, используемые на КА «Канопус-В», а также прилегающие к ним радиолинии целевой информации и бортовая информационная система.

Для физического описания модуля был выполнен сравнительный анализ двух унифицированных спутниковых платформ «Яхта» и «Навигатор». За аналог принята платформа «Навигатор». Решение обосновано применяемостью платформы в действующих российских космических программах, а также отработанной интеграции с РБ «Фрегат».

Исходя из модульного принципа проектирования были определены габариты спутника со значениями 2,6х2,6х2,6 м и масса со значениями до 1000 кг [2].

Оценка стоимости программы выполняется с помощью суммирования затрат на разработку аппарата и выведение его на целевую орбиту. На основе изучения официальных источников затраты составляют около 8,8 млрд р. Так как затраты на создание новой космической системы, без учета эксплуатации, намного ниже затрат, приходящихся на наземное патрулирование лесных массивов, можно сказать о выполнении поставленного в данном исследовании критерия успеха.

Список используемых источников:

1. «Наборы открытых данных Федерального агентства лесного хозяйства.» [В Интернете]. Available: <https://rosleshoz.gov.ru/opendata>.

2. О.М. Алифанов, «Подходы к созданию и направления применения малых космических аппаратов в космической деятельности», Электронный журнал «Труды МАИ», т. УДК 629.78, № 49.

Газовая двигательная установка коррекции для микро- и наноспутников

Чернова М.Ю.

АО «Корпорация «ВНИИЭМ», Москва

В настоящее время ракетно-космическая отрасль стремится к постоянному сокращению стоимости и времени разработки космических аппаратов (КА). Одним из решений этого вопроса стал проект CubeSat, представляющий собой класс КА, которые имеют стандартизированные размеры, форму и вес. В перспективе, с развитием цифровых технологий и миниатюризации техники, микроспутники и наноспутники будут использоваться все шире. Для увеличения срока активного существования (САС) таких КА необходимо использование в составе эффективных двигательных установок (ДУ), время действия которых определяется запасом рабочего тела (РТ). Принципы модульности и унификации ДУ позволят значительно ускорить процесс разработки, изготовления и наземной отработки изделия и его составных частей.

Основная задача работы — разработка малоразмерного двигательного модуля коррекции микро- и наноспутников типа CubeSat. Такой модуль должен обеспечивать минимальные массогабаритные характеристики, низкое значение энергопотребления при наибольшем сроке активного существования и широком диапазоне выдаваемых импульсов.

В данной работе рассмотрено схемное решение, состав и компоновка ДУ на основе двигателя малой тяги холодного газа. Двигатель этого типа использует расширение (обычно инертного) сжатого газа для создания тяги. Такая ДУ не имеет внутреннего сгорания, а следовательно, более низкую тягу и эффективность по сравнению с обычными монотопливными и двухкомпонентными ракетными двигателями. Это самые дешевые, простые, безопасные и надежные двигательные установки, доступные для коррекции орбиты, маневрирования и управления ориентацией. В качестве рабочего тела был выбран азот, как газ, обладающий наилучшими эксплуатационными характеристиками и низкой стоимостью [1].

Разработанное компоновочное решение основано на существующих технических решениях, реализованных в рамках проекта КА «Геоскан-Эдельвейс» [2], а так же разрабатываемых изделиях АО «Корпорация «ВНИИЭМ». Газовая двигательная установка (ГДУ) на «Геоскан-Эдельвейс» была разработана в АО «ОКБ «Факел», элементы которой продемонстрировали безотказную работу на летных испытаниях [2, 3]. Основное назначение корректирующей ДУ (КДУ) на КА «Геоскан-Эдельвейс» — выдача импульса для перевода наноспутника на рабочую орбиту, поддержания на орбите в течении срока эксплуатации и увода с орбиты. Однако рассматриваемая модель может быть улучшена в части увеличения САС и обеспечения плавной регулировки.

Для решения поставленной задачи было разработано схемное исполнение, в которое включен регулятор расхода РТ с числовым управлением, позволяющий точно регулировать подачу рабочего тела в сопло ДУ. Так же была смоделирована и рассчитана

объемозаполняющая «Г»-образная форма бака, объемом 460 см³. Результат работы — получены следующие параметры: размер не более 148х97х97 мм и масса не более 3 кг, что соответствует 1.5U CubeSat [4]. Для получения максимального суммарного импульса применяется сжатый азот с давлением 35,3–39,2 МПа [1]. Масса заряжаемого в баллоны азота — 0,165 кг. Суммарный импульс тяги составит не менее 115 Н*с.

Список используемых источников:

1. Прохоренко И.С., Каташов А.В., Каташова М.И. Газовая двигательная установка коррекции для наноспутников // Вестник Московского авиационного института. Т28. №2. 2021. С. 152–165.

2. В России впервые проведены успешные летные испытания двигателя для кубсатов [Электронный ресурс]. — 04.08.2023. — URL: <https://www.geoscan.ru/ru/blog/v-rossii-vpervye-provedeny-uspeshnye-letnye-ispytaniya-dvigatelya-dlya-kubsatov/> (дата обращения 21.12.2023).

3. Первые летные испытания двигателя Геоскана-Эдельвейса [Электронный ресурс]. — 05.05.2023. — URL: Первые летные испытания двигателя Геоскана-Эдельвейса | ГК «Геоскан» ([geoscan.ru](https://www.geoscan.ru)) (дата обращения 23.12.2023).

4. Информация о CubeSat [Электронный ресурс]. — 01.02.2022. — URL: <https://www.cubesat.org/cubesatinfo> (дата обращения 21.12.2023).

Модели формализации условий функционирования беспилотного летательного аппарата

Шпихернюк А.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Балык В.М.

МАИ, Москва

Основным из путей повышения эффективности беспилотных летательных аппаратов, является качественное улучшение принимаемых проектных решений. Субъективизм, связанный с анализом информационных ситуаций, принятием информационных гипотез, законов распределения и их параметров, выбором вида свёртки или принципа оптимальности, если решается многокритериальная задача, преодолевается, если принимаемые решения будут устойчивыми к существующим факторам неопределенности, в том случае, если их формировать на основе статистического синтеза.

Особую значимость при моделировании беспилотного летательного аппарата имеют задачи восстановления функциональных связей между проектными параметрами и условиями функционирования беспилотного летательного аппарата. Под условиями функционирования здесь понимаются такие аэродинамические характеристики цели, которые непосредственно влияют на беспилотный летательный аппарат. Например, это может быть число Маха, высота полёта или курс цели. Проектные связи восстанавливаются в классе гармонических полиномов по статистическому критерию регулярности. Нелинейные и линейные параметры выбираются оригинальным методом поиска глобального экстремума.

С применением данного метода были получены следующие результаты:

- Зависимость коэффициента расхода от угла атаки БЛА и числа Маха цели;
- Зависимость относительной скорости от числа Маха цели и суммарного угла наклона панелей клина торможения;
- Зависимость суммарного угла наклона панелей клина торможения, от числа Маха и высоты полёта цели.

По существу метод представляет собой статистический синтез функциональных ограничений, зависящих от характеристик цели, которые являются случайными факторами. Кроме того, он открывает возможности для дальнейших исследований и разработок в области моделирования и оптимизации беспилотных летательных аппаратов. Использование статистического синтеза функциональных ограничений позволяет адаптировать аппараты под различные условия и требования, что делает их более гибкими и эффективными в различных сценариях применения.

Список используемых источников:

1. В.А. Сорокин. Конструкция и проектирование комбинированных ракетных двигателей на твёрдом топливе. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, М., 2014.
2. Балык В.М. Статистический синтез проектных решений при разработке сложных систем. М.: Изд-во МАИ, 2011, 280 с.

Система вертикального старта малых летательных аппаратов

Юманов А.К., Салтыков В.А., Голованских О.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Саваровский А.А.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург

В процессе запуска летательного аппарата его стабильность обеспечивает система вертикального старта. Конструкция такой системы должна обеспечивать удобную эксплуатацию при размещении системы, предоставлять быстрый доступ для технического обслуживания летательного аппарата, иметь высокую надежность и быть безопасной.

Конструкция системы представляет собой составную направляющую из трех алюминиевых профилей, соединенных между собой специальными соединителями и укрепленных с помощью алюминиевых шин. Общая длина направляющей составляет 3.5 метра. Подсистема фиксации направляющей на неровной поверхности состоит из четырех регулируемых по длине опор позволяющих адаптировать установку к неровностям, а также дополнительной опоры для повышения жесткости конструкции в целом. Подсистема обеспечения требуемого угла установки направляющей состоит из ватерпаса.

При первоначальной разработке подсистемы фиксации в качестве креплений опор были выбраны элементы изготовленные, с помощью технологии 3D печати, разработанные специально для установки элементов жесткости опор под требуемым углом. В результате испытаний у данных креплений были выявлены некоторые особенности, имеющие критическое значение. Первое из них — хрупкость. Слоистая структура, напечатанных на 3D принтере, деталей привела к их повреждению на этапе сборки конструкции системы. Во-вторых, сложность при сборке вызвало соединение опор с элементами жесткости. В-третьих, использование технологии 3D печати для создания узлов упоров снижает ремонтоспособность установки в целом.

Для устранения вышеперечисленных особенностей были приняты решения об использовании: стандартизированных изделий для создания соединителей опорных элементов, реализована система регулировки длины опорных элементов, изменение профилей опорных элементов для возможности использования стандартизированных изделий. Во время процесса проектирования и конструирования данной системы, проводились прочностные расчёты рассматриваемой установки и оценивалось влияние принятых конструктивных решений. Исходя из результатов анализа системы до применения улучшений и после можно сделать вывод о повышении прочностных характеристик модифицированной установки. Таким образом принятые решения повысили общую надёжность конструкции, упростили процесс сборки, повысили ремонтпригодность и решили проблему полевой эксплуатации системы.

Список используемых источников:

1. Игнатюк В.И. Метод конечных элементов в расчетах стержневых систем. [Брест, 2007]. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/337278485.pdf> (дата обращения — 23.02.2024).
2. Иванов Д.В. Доль А.В. Введение в ANSYS WORKBENCH. [Саратов, 2016]. URL: http://student.dolivanov.ru/sites/default/files/metodichka_workbench.pdf (дата обращения — 26.02.2024)
3. ГОСТ 2.052 -2021 ЕСКД Электронная модель изделия [Москва, 2022]. URL: <https://shtamp2018.ru/sites/default/files/2023-06/ГОСТ%202.052-2021.pdf> (дата обращения — 26.02.2024)
4. ГОСТ 4784-97. Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. [Москва, 2009]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294850/4294850525.pdf> (дата обращения — 25.02.2024)

Доставка исследовательских станций на поверхность Венеры с помощью мультироторного летательного аппарата

Яценко М.Ю.

Научный руководитель — д.т.н. Воронцов В.А.

МАИ, Москва

Направление по исследованию планеты Венера спустя десятилетия вновь стало актуальным для российских ученых. В России формируется Программа исследования атмосферы и поверхности этой планеты, 1-м этапом которой станет миссия под названием «Венера-Д» [1, 2].

В работах [3,4] авторами предложено использовать для исследования атмосферы и поверхности планеты Венера такое новое техническое средство как мультироторный летательный аппарат (МРЛА) — винтовой беспилотный летательный аппарат вертикального взлета и посадки, выполненный по мультикоптерной схеме. В настоящем исследовании предлагается расширить функционал предлагаемого МРЛА, используя в качестве полезной нагрузки для него — мини-исследовательских станций (пенетраторов) для изучения поверхности, метеорологических измерений и получения данных о сейсмической активности Венеры. Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью подготовки технических предложений при создании перспективного венерианского космического аппарата и технических средств как его подсистем для проведения комплексного изучения планеты Венера.

Предполагается, что один или несколько МРЛА с мини-станцией на борту будут осуществлять сброс таких станций на поверхность планеты (с последующим внедрением в грунт) с определенной высоты в заданный район (районы), осуществляя разлет на определенное расстояние после ввода в действие в атмосфере Венеры. Таким образом появится возможность создания на поверхности планеты сети исследовательских станций и расширения схемы эксперимента, а значит получения количественно и качественно новых данных о свойствах планеты в дополнение к данным, полученным с помощью грунтозаборного устройства посадочного аппарата.

Список используемых источников:

1. Борисов обсудил с учеными приоритетные задачи России по исследованию космоса // Сайт Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос». URL: <https://www.roscosmos.ru/38144/> (дата обращения: 20.01.2024).

2. О работах по созданию автоматических станций для исследования Венеры // Сайт Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос». URL: <https://www.roscosmos.ru/39231/> (дата обращения: 20.01.2024).

3. Яценко М.Ю., Воронцов В.А. Концепция исследования Венеры с помощью мультироторного летательного аппарата // Сборник избранных научных докладов по итогам XLVI Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения». — М.: МАИ, 2020. — С. 311–321.

4. Яценко М.Ю., Воронцов В.А. К вопросу о включении в программу исследования Венеры дополнительных технических средств // Космические аппараты и технологии. — 2022. — Т. 6, №1 (39). — С. 5–13. (DOI: 10.26732/j.st.2022.1.01).

Секция №5.2 Анализ и синтез аэрокосмических систем

Исследование грунта планеты Венера с помощью зонда-пенетратора типа «Марс-96»

Алтухов Е.С., Яценко М.Ю.

Научный руководитель — д.т.н. Воронцов В.А.

МАИ, Москва

Сейчас исследование планеты Венера является приоритетным направлением в повестке российских ученых — планируется к запуску автоматическая межпланетная станция «Венера-Д». Одна из задач перспективных миссий на Венеру — это исследование и доставка грунта этой планеты, которая считается наиболее интересным, но в то же время и очень сложным элементом любой межпланетной экспедиции.

В качестве технического средства исследования грунта в составе перспективного венерианского космического аппарата авторами предлагается использовать зонд-пенетратор проекта «Марс-96». Пенетратор — проникающий ударный зонд для изучения физико-химического состава поверхности планеты. Способен внедряться на определенную глубину для получения данных о грунте и имеет возможность жесткой посадки, что уменьшает трудоемкость процесса спуска и массогабаритные характеристики тормозного устройства.

В работе:

- предложена схема построения эксперимента с помощью зонда-пенетратора;
- на основе построенной математической модели проведен анализ движения пенетратора в атмосфере Венеры;
- на основе анализа процесса спуска в атмосфере оценены требуемые параметры тормозного устройства пенетратора.

Таким образом, зонд-пенетратор проекта «Марс-96» является автономным техническим средством, имеет в своем составе большой набор приборов для исследования грунта и климата планеты и обладает небольшой массой в сравнении с традиционными техническими средствами исследования (например, посадочным аппаратом), поэтому после адаптации может быть включен в состав перспективных миссий на Венеру (в количестве от одного до нескольких (группировки) таких зондов) для получения расширенных данных о конкретной области или различных данных о разных областях планеты. Вместе с тем, поскольку уже имеется задел проекта «Марс-96», будут значительно снижены затраты на проектирование, испытания, а также сокращены сроки создания этого технического средства.

Список используемых источников:

1. Обзор схем пенетраторов для контактных исследований космических объектов / Е.В. Леун [и др.] // Космическая техника и технологии. — 2022 — №2(37). — С.103–117.
2. От марсианских пенетраторов к венерианским / Ю.П. Акулов [и др.] // Доклад на XLVI Научных чтениях памяти К.Э. Циолковского. г. Калуга. 13 – 15 сентября 2011 г.
3. Воронцов В.А., Малышев В.В., Пичхадзе К.М. Системное проектирование космических десантных аппаратов. — М.: Изд-во МАИ, 2021. — 256 с.
4. Пичхадзе К.М., Малышев В.В. Математическое обеспечение для проектно-баллистического исследования динамики неуправляемого движения спускаемых аппаратов: Монография. — М.: МАИ-ПРИНТ, 2018 — 210 с.

Исследование применимости маховиков в системах подачи топлива с внешним приводом

Дубровин И.Г.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Торпачев А.В.

МАИ, Москва

Маховичные накопители энергии обладают более высокой удельной мощностью по сравнению с другими типами аккумуляторов [1]. В связи с этим возникает вопрос о целесообразности замены электродвигателей и аккумуляторов электронасосных систем

подачи топлива на рассматриваемый тип накопителей энергии. Достоверно известно, что накопители кинетической энергии имеют ряд преимуществ перед системами электрохимических и физических накопителей:

- Высокая удельная объемная энергоемкость;
- Высокая удельная мощность, недостижимая другими накопителями;
- Разрыво- и взрывобезопасность;
- Простота эксплуатации и обслуживания.

В работе проведена оценка требуемого количества энергии, запасаемой маховиком. Для этого выполнено вычисление характеристической скорости по формуле К.Э. Циолковского, затем произведён энергетический расчёт на основе закона сохранения энергии с учётом потерь [2]. Также выполнено вычисление массы, момента инерции, максимальной скорости вращения предлагаемого маховика и осуществлена оценка их влияния на энергоёмкость [3]. В заключительной части работы проведено сравнение предлагаемых альтернативных вариантов насосной системы подачи топлива в двигатель с внешним наземным приводом на основе перечисленных выше расчётов [4].

Результаты выполненных исследований показали принципиальную возможность применения маховичных накопителей энергии для привода насосов подачи компонентов топлива в двигатель. На основе проделанной работы в дальнейшем могут решаться вопросы, охватывающие различные аспекты применения внешних наземных приводов в системах подачи топлива.

Список используемых источников:

1. Гулиа Н.В. Инерционные аккумуляторы энергии. — М.: Едиториал УРСС, 2021. — 240 с.
2. Бубенчиков А.А., Терещенко Н.А., Бубенчикова Т.В. Обзор накопителей кинетической энергии маховикового типа // Россия молодая: передовые технологии — в промышленность. — 2019. — № 1. — С. 53–59.
3. Гулиа Н.В. Накопители энергии. Какой аккумулятор лучше? — М.: Едиториал УРСС, 2021. — 152 с.
4. Усольцев А.А. Электрические машины: Учебное пособие. — СПб.: Издательство НИУ ИТМО, 2013. — 416 с.

Разработка концепции сервисного космического аппарата для геостационарных спутников типа «Экспресс»

Прошкова Е.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Панасенков В.П.

МАИ, Москва

Одним из решений уменьшения экономических затрат для спутников является продление ресурса спутника за счёт работы сервисных космических аппаратов. Ресурс спутников ограничен запасом топлива и деградаций бортовых систем, солнечных батарей в следствии солнечной радиации, при решении этих проблем, работу спутника возможно продлить. Проекты по созданию сервисных космических аппаратов охватывают круг различных задач от дозаправки до полноценного ремонта. Некоторые миссии уже были успешно реализованы, пример таких: проект «MEV» (восстановлению работы спутника связи Intelsat 901 [1]), ремонт телескопа Хаббл, однако в истории российской космонавтики аналогов нет.

Восполнять ресурс является рациональной задачей только для тяжёлых геостационарных спутников, т.к. низкоорбитальные спутники имеют меньший срок активного существования за счет особенностей движения ИСЗ и обслуживать их более трудоёмко, легче свести с орбиты и запустить новые. А также необходимо учитывать стоимость самой точки стояния.

Заинтересованность заказчика заключается в «Минимизация затрат на эксплуатацию спутниковой космической системы связи за счёт использования сервисных космических аппаратов». Для реализации цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Сближение и стыковка СКА и спутника, так как это является первостепенной задачей без осуществления её выполнение остальных шагов являются нереализуемой задачей.

2. Восстановление работы двигательной установки спутника. Необходимо для удержания спутника в точке стояния и вследствие продления работы транспондеров.

3. Работа в рамках заложенного времени является показателем оценки всей миссии.

В свою очередь для полного понимания концепции был разработан сценарий миссии: старт ракеты-носителя вместе с сервисным космическим аппаратом, вывод на низкую околоземную орбиту; сервисный космический аппарат собственной двигательной установкой переходит на геостационарную орбиту; стыковка ИСЗ и СКА; совместная работа аппаратов до выработки топлива СКА; совместный переход на орбиту захоронения.

Среди нескольких перспективных вариантов сценариев реализации миссии был выбран именно вышеописанный, исходя из расположения системы управления движением спутника, которая находится внутри аппарата, непредназначенного для обслуживания. При попытке разобрать спутник на орбите возникает большой риск повреждения смежных систем, что негативно скажется на выполнении всей миссии.

Приборами полезной нагрузки сервисного космического аппарата являются приборы системы управления движения, робот-манипулятор (робот-манипулятор будет рассматриваться не как система, а отдельное изделие, так как на этапе концепции — это не необходимая задача), а также блок бортовой аппаратуры. Аналогом системы управления движения является система управления движения спутниковой платформы «Экспресс-1000Н». После анализа всех приборов, необходимых для реализации концепции была рассчитана масса полезной нагрузки СКА равную 599,6 кг. Внешний облик сервисного космического аппарата аналогичен внешнему облику спутниковой платформы «Экспресс-1000Н». Сам облик аппарата синтезировался, начиная с системы управления движением и робототехнических средств, так как основные системы — это система захвата и двигательная установка.

Потенциально заинтересованными лицами создания сервисного космического аппарата могут быть различные компании. 1. Владельцы спутников, в рамках увеличения работы транспондеров и извлечения прибыли. 2. Сотовые операторы. Из-за возрастания количества пользователей и вследствие нагруженности наземных станций. 3. Заводы производители спутников, из-за сформированной базы создания спутников, а значит и изученные интерфейсы захвата. Уменьшение научной базы для создания сервисных космических аппаратов.

Стоимость спутника «Экспресс-АМ6» и «Экспресс-АМ5», запущенного на составила 11,9 млрд. рублей. Стоимость запуска РН «Протон-М» составляет 7 млрд. рублей. Стоимость робота-манипулятора «Косморобот» составляет 2,5 млрд рублей [2].

Общая стоимость программы: 15,45 млрд рублей.

Список используемых источников:

1. В. Б. Катькалов, «Космические услуги и операции: состояние и перспективы», ВЭС ВКС, 8 июль 2020. [В Интернете]. Available: <https://www.vesvks.ru/vks/article/kosmicheskie-uslugi-i-operacii-sostoyanie-i-perspe-16568>.

2. ГК «Роскосмос», «ЕИС ЗАКУПКИ. Создание роботов космического назначения для поддержки внекорабельной деятельности космонавтов,» 20 сентябрь 2016. [В Интернете]. Available: <https://zakupki.gov.ru/epz/order/notice/ok44/view/common-info.html?regNumber=0995000000216000097>.

Использование лазерных толчков для управления космическим мусором

Туряк В.В.

Научный руководитель — Пронина П.Ф.

МАИ, Москва

С развитием космической деятельности наша планета стала свидетелем уникального вызова — накопления огромного количества космического мусора (КМ) в околоземной орбите. КМ, представляющий собой отходы от космических миссий, обломки спутников и ракет, а также другие объекты, представляет серьезную угрозу как для космических аппаратов и международных космических операций, так и для безопасности нашей планеты.

Наша способность исследовать космос, совершать космические полеты и обеспечивать коммуникацию через спутниковые системы становится все более ограниченной из-за растущего количества мусора в околоземной орбите. Бездействие может привести к

дальнейшему увеличению количества КМ и, в конечном итоге, создать риск для космических полетов и даже для обитаемых зон на Земле. Поэтому вопрос управления КМ становится все более актуальным и насущным.

Одним из вариантов механизма для удаления КМ является использование лазерных толчков. Основная идея лазерного толчка заключается в следующем:

- Создание толчки: Мощный лазер, расположенный на Земле или в космосе, фокусируется на КМ, создавая очень мощный импульсный свет.

- Перемещение объекта: Импульс света, направленный через лазер, может придать космическому мусору достаточно энергии для изменения его орбиты и перемещения на более низкую орбиту, где его будет легче отслеживать и удалять.

Для удаления малых КМ данный механизм будет работать за счет передачи энергии от мощного лазерного луча к микрообъекту в космосе, такому как КМ. При взаимодействии с лазерным лучом мусор получает толчок, который изменяет его орбиту. Это позволяет удалить мусор из активных орбит или направить его на более низкие орбиты, где он может быть собран или впоследствии сгореть в атмосфере Земли.

Пошаговый процесс может быть следующим:

1. Определение цели: Сначала необходимо определить, какой космический мусор необходимо переместить и на какую орбиту.

2. Подготовка лазерного оборудования: Лазер должен быть мощным и точно настроенным на цель. Это может производить сложное оборудование и точные расчеты.

3. Создание импульса: Лазерный импульс возникает и направляется на цель. Для перемещения объекта необходимо получить мощность и продолжительность импульса.

4. Перемещение объекта: После приложения импульса космического мусора следует начать движение по новой орбите.

5. Мониторинг и корректировка: После старта толчка необходимо отслеживать движение объекта и, при необходимости, корректировать направление и мощность лазерного импульса.

6. Результат проверки: После завершения процесса необходимо проверить, достигнута ли целевая орбита и удалось избежать столкновений с другими объектами.

Однако, несмотря на потенциальные преимущества этого метода, его использование все еще требует дальнейших исследований и тестирования. Важно учитывать такие аспекты, как точность наведения лазерного луча, воздействие на окружающие космические объекты и международные нормы и регуляции.

Лазерный толчок представляет собой увлекательную и перспективную технологию, которая может в будущем сыграть важную роль в управлении космическим мусором и обеспечении безопасности космических полетов.

Список используемых источников:

1. Золотов А.А. Прогнозирование риска столкновений космических аппаратов с фрагментами космического мусора / А.А. Золотов, Э.Д. Нуруллаев// Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2020. — № 12. — С. 36–43.

2. Сиротин И.В. Космический мусор, влияние и опасности столкновения с космическими аппаратами / И.В. Сиротин, Э.Р. Ишкулов, Н.А. Прянишников// Формула молодых ученых. — 2019. — № 5(33). — С. 1144–1147.

3. Gasymova E.M.K Space debris: Possible solutions of the problem / E.M.K Gasymova // The Newman in Foreign Policy. 2023. — № 72 (116). — С. 25–27.

Секция №5.3 Системы жизнеобеспечения и экологическая безопасность космической деятельности

Разработка системы жизнеобеспечения мышей для 30 суточного пребывания на орбите

Волченкова С.И.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Хаустов А.И.

МАИ, Москва

Для будущих полетов экипажей на Луну и Марс актуальными являются проблемы, связанные с биологическими последствиями влияния гравитации и длительного облучения ионизирующей радиацией на биологический организм. Также необходимо учитывать биологические последствия лунной и марсианской силы тяжести. И на основании этих результатов разрабатывать перспективные методы предотвращения негативных воздействий космических факторов на различные физиологические системы организма. В качестве биообъекта выбраны мыши линии C57black/6, так как для наиболее полной и корректной реализации методов молекулярной и клеточной биологии необходим объект хорошо изученный с точки зрения системной физиологии. При этом биообъект должен по физиологическим данным (питание, поведение, двигательная активность) удовлетворять минимальным требованиям обеспечения жизнедеятельности в замкнутых системах. Наиболее близки к таким требованиям лабораторные мыши линии C57black/6.

В работе обсуждается система жизнеобеспечения мышей (75 особей) для 30 суточного полета на наноспутнике с высотой полета около 800 километров. СОЖ включает: систему терморегулирования, систему газового состава, систему создания влажностного состава, систему питания. Предлагается вариант компоновочного решения элементов и узлов СОЖ, определены основные массогабаритные характеристики СОЖ, состав и принцип работы основных узлов, входящих в состав СОЖ. Внутри космического аппарата мыши располагаются в клетках, по три мыши в клетке, температура газовой среды поддерживается в диапазоне от 18 °С до 28 °С при относительной влажности не более 80%.

Список используемых источников:

1. Иванов Д.И., Хромушкин А.И. Системы жизнеобеспечения человека при высотных и космических полетах // Машиностроение, 1968. — 68 с.

2. А. Н. Кирилин. Космическое аппаратостроение: научно-технические исследования и разработки ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» // Под ред. А. Н. Кирилина.- Самара: Издательский дом «АГНИ», — 2011. — 260 с.

Анализ декомпрессионной безопасности при выполнении высотного парашютирования

Гвоздкова К.В., Немцева А.С., Лысяк Я.О.

Научный руководитель — профессор, д.б.н. Матюшев Т.В.

МАИ, Москва

Целью работы является разработка методики прогнозирования безопасности декомпрессии при выполнении высотного парашютирования с 10000 м на основе математической модели.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Проведен анализ существующих подходов моделирования декомпрессии;
 2. Сформирована математическая модель, позволяющая оценить влияние декомпрессии на параметры респираторной системы организма по критерию безопасности
- В. П. Чадова,

3. Проведены вычислительные эксперименты, имитирующие полет заданного профиля, профиля, скорректированного с учетом вычисленной безопасной высоты, и полета с начальной десатурацией.

Модель построена на основе классической концепции Дж. Холдейна с использованием критерия, определяемого по кривой безопасного давления В. П. Чадова. Расчет проводился в среде программирования Matlab, определялась безопасность высоты, на которой происходит разгерметизация, с последующей возможностью ее корректировки.

Построение математической модели декомпрессии позволит решить ряд задач на этапе планирования полета, тем самым снизив риск возникновения высотно-декомпрессионной болезни. Проведен анализ результатов, полученных при давлениях азота в организме летчика, рассчитанных по двум альтернативным алгоритмам, и сформулированы рекомендации для обеспечения безопасности планируемого полета.

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. Полученные результаты позволяют количественно определить зависимость риска декомпрессии от параметров газового состава организма и их изменения во время полета и десантирования.

2. Существенным результатом работы является разработка и обоснования методики определения декомпрессионной безопасности, которая может стать универсальной основой для планирования полета летчика, который пройдет без нанесения урона его здоровью.

3. Значения параметров, полученные в вычислительных экспериментах, позволяют применить алгоритм для дальнейших исследований по обоснованию медико-технических требований к тренировкам летчиков, проводимым в будущем.

Список используемых источников:

1. Смолин В.В., Соколов Г.М., Павлов Б.Н. Декомпрессионная болезнь. / Под ред. В.М. Баранова — Калининград: портр., табл. — Библиогр.: с. 616. — ISBN 978-5-91728-025-7. — 500 экз.

2. Чадов В. И. Экспериментально-теоретическое обоснование декомпрессионной безопасности внекорабельной деятельности экипажей пилотируемых космических объектов автореф. дис. д-ра мед. наук: 05.26.02. М.: ФГУ «Всероссийский центр медицины катастроф «Защита»». — 2005.

3. Николаев В.П. Прогнозирование безопасности декомпрессии по математическим моделям образования и роста газовых пузырьков в организме/диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук: Москва, 1990. — 248 с.

Биотехнологические системы жизнеобеспечения Лунной базы.

Использование высших съедобных грибов в искусственных экосистемах, включающих человека

Гончаров Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Рожнов В.Ф.

МАИ, Москва

В настоящее время научное сообщество достигло значительных успехов в создании замкнутых космических экосистем. Однако, вопрос увеличения замкнутости круговорота системы по пище остается актуальным. Это вызвано тем, что большое количество растительных отходов, которые образуются в процессе функционирования систем, создает проблемы эффективного управления пищевыми ресурсами на космических объектах.

Для решения проблемы увеличения замкнутости круговорота системы по пище планируется внедрение оранжерей на долговременных космических объектах. Оранжереи будут обеспечивать экипаж свежей зеленью, содержащей витамины и пищевые волокна, что имеет важное значение для поддержания здоровья и психологического благополучия членов экипажа.

В контексте создания биологических систем обработки отходов и космических оранжерей, использование высших съедобных грибов представляется перспективным

подходом. Это способствует оптимизации замкнутого круговорота пищевых ресурсов на космических объектах, таких как Лунная база, и повышению устойчивости жизнеобеспечения экипажа.

Основные проблемы, связанные с увеличением замкнутости круговорота пищи, включают анализ конструкций и характеристик существующих и разрабатываемых оранжерей. Также необходимо рассмотреть проблемы, связанные с обеспечением эффективного управления пищевыми ресурсами и обработкой отходов на космических объектах.

Для эффективного управления отходами на космических объектах необходимо рассмотреть различные методы их переработки, включая возможность использования грибов для превращения отходов в пищевые продукты. Этот подход не только позволит сократить дефицит белка у членов экипажа, но и обогатит их пищу витаминами, макроэлементами и минералами.

Исследование потенциала грибов в качестве части рациона человека направлено на определение оптимального вида грибов, способного обеспечить наибольшую биомассу плодовых тел и соответствующего требованиям человеческого организма.

Исследование также включает разработку методики составления суточного пищевого рациона для экипажа космического объекта, учитывающей энергетические требования и потребности членов экипажа.

Технологический раздел работы представляет подробное описание технологических процессов, связанных с выращиванием грибов на космических объектах. Это включает в себя техническую сторону процесса, такую как разработка блока выращивания грибов, анализ влияния нарушений микроклимата на качество плодовых тел, а также процесс подготовки компоста, мицелия и засадка в боксы.

Был проведен анализ влияния различных факторов микроклимата в культивационном помещении на качество и урожайность грибов, особенно шампиньонов. Важно изучить, как изменения температуры, влажности, освещения и других параметров воздействуют на процесс роста и развития грибов.

Было проведено описание всех этапов подготовки компоста, мицелия грибов и засадки их в специальные контейнеры для выращивания. Это важный этап процесса, который влияет на успешность выращивания и качество получаемого урожая.

В ходе исследования разработана методика создания непрерывного конвейера для выращивания грибов на космических объектах, который включает в себя способы переработки выделений и отходов продуктов гетеротрофного звена. Эксперимент также включал сбор урожая, подсчет результатов, анализ успешности создания конвейера и учет всех выявленных недостатков процесса. Дополнительно, были проанализированы способы утилизации отработанного компоста с целью обеспечения более устойчивого и эффективного производства грибов в космических условиях.

Список используемых источников:

1. Замкнутая система: человек-высшие растения (четырёхмесячный эксперимент) : монография // И. А. Терсков [и др.]; ред. Г. М. Лисовский; Академия наук СССР, Сибирское отделение, Институт физики им. Л. В. Киренского (Красноярск). — Новосибирск: Наука, 1979.
2. Системы регенерации среды обитания космических кораблей и станций. Человек и среда обитания: учебное пособие // В. Ф. Рожнов, А. Е. Белявский; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). — Москва: Издательство МАИ, 2019.
3. Сычев В.Н. Исследование влияния невесомости на биологические объекты — звенья замкнутых экологических систем жизнеобеспечения и создание технологий их культивирования. — Москва. — 2000 г. Стр.51–57, 82–95.

Моделирование риска для здоровья населения прилежащих территорий при воздействии атмосферных выбросов металлообращывающего производства на предприятии аэрокосмической отрасли

Громаков А.А., Шпилевой А.Д.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Кудрявцева Н.С.
МАИ, Москва

В условиях постоянного ухудшения экологической обстановки актуальной задачей является поиск баланса между получением максимальной прибыли и сохранением окружающей природной среды. Не всякое антропогенное воздействие приводит к негативным последствиям. Вероятность негативного отклика зависит от концентрации выбрасываемых загрязнителей, времени воздействия и других факторов. В работе авторами проводится моделирование и анализ риска для здоровья населения от атмосферных выбросов на предприятии аэрокосмической отрасли с помощью эволюционных моделей и имплементируется методика расчёта риска на языке программирования Python.

В работе проводится инвентаризация атмосферных загрязнителей, рассчитываются объёмы выбросов загрязняющих веществ. Далее для моделирования рисков для здоровья населения необходимо получить зависимости концентрации загрязнителя от расстояния от источника выбросов, то есть принять во внимание рассеивание и прочие факторы приземного слоя атмосферы. После проводится непосредственно моделирование рисков для здоровья населения. Для моделирования используются эволюционные модели, позволяющие оценивать риск при многосредовом и меняющемся во времени воздействии для любой концентрации загрязнителя.

В заключение, авторами приводится характеристика риска для разных сценариев поступления (разного количества технологических ступеней очистки отходящих газов) в окружающую среду загрязнителя. Приводятся величины среднего сокращения продолжительности жизни, дополнительного риска функциональным системам человека и приведённого риска для разных сценариев воздействия на окружающую среду. Также приводится структура дополнительного риска для населения разных возрастов. Делается вывод о необходимом количестве ступеней очистки, при котором дополнительный риск для здоровья населения равен нулю.

Список используемых источников:

1. Количественная оценка неканцерогенного риска при воздействии химических веществ на основе построения эволюционных моделей: Методические рекомендации. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. — 36 с.

2. Г. И. Морозов, Н. С. Кудрявцева, С. М. Вострикова Проблемы теории безопасности технологических процессов в аэрокосмических системах. — М.: Издательство МАИ, 2013. — 212 с.

3. Н. С. Кудрявцева, С. М. Вострикова Теоретические основы организации безопасного гальванического производства на предприятиях авиационной промышленности // Организация производства, 2010. № 3(46). — С. 25–29.

Влияние невесомости на тело человека при условии работы на орбитальной станции

Гусилетов А.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Метечко Л.Б.

МАИ, Москва

В космическом пространстве космонавты сталкиваются с явлением изменения роста, вызванным невесомостью, которая приводит к постепенному ослаблению и атрофии мышц. В результате этого у человека может измениться рост на пару сантиметров.

Для обеспечения безопасности космонавтов во время приземления на земную поверхность используется специальное оборудование, такое как ложемент. Для каждого космонавта изготавливается индивидуально, ложемент должен соответствовать всем

заданным параметрам космонавта. При несоответствии ложементов параметрам космонавта под угрозу можно поставить его безопасность.

Изменения, располагающихся внутри всех сосудов эндотелиальных клеток, оказывают влияние на сердечно-сосудистую систему в невесомости. Как утверждают ученые, гравитация поспособствовала эволюционированию человека, но при ее отсутствие приводит к быстрому старению тканей организма. Процесса старения также происходит в космосе.

Из-за недостатка костного материала кости подвержены пагубному влиянию невесомости, нарушается обмен фосфора и снижается количество кальция.

В невесомости проводится исследование воздействия космического пространства на организм. Было выявлено, что тело перестает поддерживаться и все его процессы замедляются. Это приводит к потере костной массы в размере 2–3% за 30 дней пребывания в космосе, но по возвращению на Землю космонавт постепенно восстанавливает объем своей костной массы. Однако, при критических показателях, таких как потеря около 50% от всей костной массы, восстановление считается невозможным.

В процессе космического полета космонавты обязаны регулярно выполнять разнообразные тренировки, поддерживая свою физическую форму и здоровье. Для этого они используют специальные устройства, разработанные ИМБП РАН, например, беговые дорожки, имитаторы велосипеда, тренажеры для силовых упражнений и другие. Все эти устройства обеспечивают нужную нагрузку на организм, поддерживая притяжение тела. Космонавты, проходящие подготовку к полету, готовы к любым физическим вызовам в космосе.

Список используемых источников:

1. Белявский А.Е., Петелин Д.А. Оценка качества тренажеров систем жизнеобеспечения (СЖО) российского сегмента мкс, используемых при подготовке космонавтов // В книге: ПИЛОТИРУЕМЫЕ ПОЛЕТЫ В КОСМОС. Материалы XIV Международной научно-практической конференции. Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос»; Федеральное государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина». Звездный городок, 2021. С. 51–52.

2. Петелин Д.А., Сафронова К.П., Белявский А.Е Основные показатели оценки качества тренажеров и тренажерных комплексов// В книге: Авиация и космонавтика. Тезисы 20-ой Международной конференции. Москва, 2021. С. 353–354.

3. Сафронова К.П., Петелин Д.А. системы жизнеобеспечения. Анализ российского сегмента МКС // В книге: XLVII Гагаринские чтения 2021. Сборник тезисов работ XLVII Международной молодежной научной конференции. Москва, 2021. С. 708.

Технология поддержания безопасной микробиологической обстановки на космических пилотируемых аппаратах

Заятуев Ж.Ц.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Камруков А.С.
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Проблема поддержания безопасной микробиологической обстановки в замкнутых помещениях актуальна как на Земле, так и на космических станциях и будущих межпланетных пилотируемых аппаратах.

Как показала практика, на орбитальных станциях одним из важнейших факторов риска, имеющих отрицательное воздействие на членов экипажа и космическую аппаратуру, является микробиологический [1]. Причин для обострения данного риска несколько: заболевание членов экипажа, занесение на борт аппарата патогенной микрофлоры в результате смены экипажа или доставки различного рода грузов. Это может поставить под угрозу планируемые миссии, поэтому необходимо проведение комплексных дезинфекционных мероприятий.

В данной работе предлагается использование новых ультрафиолетовых технологий для поддержания безопасной микробиологической обстановки в замкнутых космических

системах, основанных на использовании высокоинтенсивного широкополосного излучения импульсных ксеноновых ламп и ультрафиолетового излучения мощных светодиодов. Перспективность использования импульсных ксеноновых ламп для обеззараживания воздуха и поверхностей, в том числе применительно к космической медицине, показана в работе [2, 3]. Работа предлагаемого аппарата осуществляется в двух режимах: в режиме экспресс-обеззараживания в отсутствии людей — 5...10 минут каждые 2...3 часа и в рециркуляционном режиме в присутствии людей — непрерывно, поскольку поддержка безопасной микробиологической обстановки необходима постоянно. Особенностью данного аппарата является его эколого-гигиеническая безопасность и высокая эффективность. Отказ от использования ртутных ламп является принципиальным решением, которое связано прежде всего с их токсичностью, малой эффективностью и низкой интенсивностью. Также ртутные лампы излучают только на длине волны 254 нм, с связи с чем наблюдается риск адаптации микрофлоры, что может привести к их резистентности к излучению данного типа ламп. Импульсные лампы излучают в широком спектре, начиная от коротковолновой ультрафиолетовой области и заканчивая ближним инфракрасным излучением, что вызывает многоканальную деструкцию патогенов, поэтому этот тип ламп с высокой эффективностью может бороться с мутировавшими микроорганизмами [3]. Выбор светодиодов в качестве источников бактерицидного излучения обосновывается отсутствием в них токсичных веществ, небольшими габаритами и электрической безопасностью. Более того, возможно использование набора светодиодов, излучающих в разных спектральных диапазонах, что позволяет обеспечить инактивацию широкого спектра патогенов. Это является большим преимуществом перед традиционными ртутными лампами низкого давления, излучающими только на одной длине волны в УФ диапазоне.

Как следует из проведенных По результатам аналитических и расчетно-теоретических исследований, комбинированная установка электрической мощностью 250 Вт позволяет в режиме экспресс-дезинфекции проводить обеззараживание воздуха от ряда патогенных микроорганизмов с эффективностью 99,9% в течение 5 мин в объеме борта 100 м³. Далее, нормативный микробиологический статус борта станции поддерживается светодиодным рециркулятором.

Список используемых источников:

1. Новикова Н.Д., Поддубко С.В., Дешевая Е.А., Наголкин А.В., Володина Е.В., Загидуллин М.Ф. Итоги и перспективы использования технологии микробиологической очистки воздуха с помощью установок «Поток» в космической медицине // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. — 2016. — №3. — С. 10–16.
2. Камруков А. С., Козлов Н. П., Шашковский С. Г., Яловик М. С. Высокоинтенсивные плазменно-оптические технологии для решения актуальных экологических и медико-биологических задач // *Безопасность в техносфере*. — 2009. — №3. — С. 31–38.
3. Дешевая Е.А., Филалкина С.В., Гуридов А.А., Шашковский С.Г., Киреев С.Г., Хамидуллина Н.М., Захаренко Д.В. Применение импульсных УФ-технологий для обеспечения микробиологической чистоты при подготовке миссий с требованиями планетарной защиты // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. — 2023. — №1. — С. 67–74.

Оценка компетентности космонавтов

Иванова А.В.

Научный руководитель — Петелин Д.А.

МАИ, Москва

В современной космической индустрии оценка компетентности космонавтов представляет собой важное направление исследований, необходимое для обеспечения безопасности и эффективности космических миссий. Настоящее исследование основывается на данных опроса космонавтов, проведенного с целью сравнения наземных тренажерных комплексов с реальными системами жизнеобеспечения на Международной космической станции (МКС).

Методология исследования включала участие космонавтов с различным уровнем опыта и временем полета. Компетентность участников опроса была определена с использованием математической модели, основанной на анализе ответов, предоставленных другими участниками.

При анализе результатов опроса выявлена необычная тенденция: у космонавта с наибольшим опытом, Прокопьева Сергея, была зафиксирована наименьшая компетентность. Это объясняется тем, что его оценки значительно отличались от мнений других участников, а математическая модель построена таким образом, что при оценке компетентности одного обучаемого учитываются ответы других. В следствие этого у Прокопьева Сергея компетентность значительно ниже. Опытные космонавты обладают более глубоким пониманием реальных условий на МКС и, следовательно, могут предоставлять более точные оценки. Тем не менее, их мнения могут значительно расходиться с мнениями менее опытных участников, что приводит к искажению общей картины.

В целях устранения выявленной проблемы была предложена модификация математической модели, используемой для оценки компетентности космонавтов. Данная модификация включает в себя введение дополнительного слагаемого, учитывающего не только сами ответы космонавтов, но и их полет. Такое дополнительное слагаемое представляет собой параметр, оценивающий степень опыта и экспертизы каждого участника опроса.

В рамках этой модификации каждый ответ космонавта оценивается не только по самой информации, которую он содержит, но и в контексте его опыта и стажа работы в космической среде. Это позволяет учесть не только фактическое содержание ответа, но и уровень его значимости и достоверности, основанный на опыте и экспертизе конкретного космонавта. Таким образом, данное дополнительное слагаемое представляет собой интегральную характеристику компетентности каждого участника опроса, учитывающую как его знания и умения, так и практический опыт, накопленный в процессе работы на МКС.

Использование подобного подхода позволяет более корректно и полноценно оценить уровень компетентности космонавтов, а также уменьшить искажения, вызванные различиями во мнениях между участниками опроса. Данная модификация модели обеспечивает более надежную основу для принятия важных решений в контексте космических миссий, учитывая как теоретические знания, так и практический опыт каждого космонавта.

В заключении следует отметить, что оценка компетентности космонавтов является неотъемлемым аспектом планирования и выполнения космических миссий. Учет опыта и стажа полета в моделях оценки играет ключевую роль в предотвращении искажений и обеспечении точного представления о компетентности космонавтов.

Список используемых источников:

1. Дикарев В.А. Использование статистических критериев для оценки математического моделирования компьютерных технических систем практического обучения // Информационные технологии и системы. Вып. 2. Воронеж: ВГТА, 1998.
2. В.Е. Шукшунов, В.В. Циблиев, С.И. Потоцкий и др. Тренажерные комплексы и тренажеры. Технологий разработки и опыт эксплуатации // М.: Машиностроение, 2005. — 384 с.

Разработка устройства регистрации сократительных свойств отдельной мышцы у человека

Кнутова Н.С.

Научный руководитель — профессор, д.б.н. Коряк Ю.А.

МАИ, Москва

Опорно-двигательный аппарат является гравитационно-зависимой системой организма человека, т.к. в процессе эволюции именно опорно-двигательный аппарат обеспечивал поддержание позы в гравитационном поле Земли, следовательно, он наиболее уязвим в условиях отсутствия гравитации, т.е. в условиях космического полета. Для более правильного проведения курса реабилитации, необходимо оценить его физическую готовность.

Под воздействием микрогравитации скелетных мышц развивается выраженная атрофия скелетных мышц, которая, преимущественно, затрагивает антигравитационные мышцы. При гравитационной разгрузке, практически полностью, исчезает тоническая активность, т.к. при отсутствии сил тяжести пропадает необходимости оказывать сопротивление внешним силам для поддержания вертикальной позы. Поэтому они больше зависимы от воздействия сил, в условиях микрогравитации, так как их функция не выполняется.

В космической медицине изучается широкий спектр влияний невесомости на организм человека и, прежде всего, влияние разгрузки двигательного аппарата, сопровождающееся снижением сократительных функций, нарушением водно-солевого обмена и минерализацией костной ткани. Более того, полное снятие весовой нагрузки с двигательного аппарата, приводит к снижению энергообмена и развитию функциональной атрофии мышц нижних конечностей, снижением максимальной произвольной силы и др неблагоприятные воздействия микрогравитации.

В данной работе описывается разработка устройства регистрации сократительных свойств отдельной мышцы у человека.

Исследования скоростно-силовых свойств мышц-сгибателей и разгибателей стопы позволит составить полную картину об изменении этих свойств, и способствует составлению более эффективного формирования тренировочного процесса с учетом функциональных возможностей нервно-мышечного аппарата.

Список используемых источников:

1. Белозерова И.Н. «Активность митохондриальных дегидрогеназ лимфоцитов при воздействии факторов космического полета» // диссертация кандидата биологических наук, Москва, 1991.

2. Григорьев А.И. Космическая физиология и медицина : Учебное пособие // Под. ред. А. И.Григорьева. — М.: МГУ, 1997. — 40 с.

3. Коряк Ю.А. Продолжительное пребывание в условиях невесомости и ее влияние на механические свойства трехглавой мышцы голени у человека: электромеханическая задержка и мышечно-сухожильная жесткость // Успехи современного естествознания.— 2012. — No 8 — С. 41–53

Системный подход к управлению профессиональными рисками

Ковтун М.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Галкина Е.Е.

МАИ, Москва

Проблема производственного травматизма остро стоит во всем мире, ежедневно в результате несчастных случаев на производстве погибает 5760 человек. В России также фиксируется высокий уровень производственного травматизма, так в 2022 году произошло 20 326 несчастных случаев на производстве, 5563 из них с тяжелыми последствиями. Следствием этого является потеря квалифицированных кадров, высокие расходы, связанные с выплатами компенсаций, лечением пострадавших, оплатой переобучения, снижение производительности труда и качества производимой продукции. Для снижения уровня производственного травматизма на производственных предприятиях. Необходимо эффективное управление профессиональными рисками, для этого предприятию следует разработать систему управления охраной труда; применить системный подход к выявлению опасностей; повысить заинтересованность руководства и работников предприятия в проведении работы по охране труда; проводить аудиты процессов и поведенческие аудиты.

Для выявления опасностей следует рассматривать систему «человек-техника-среда-применяемые материалы» и проводить анализ опасностей, воздействующих на работника, по каждому из компонентов, учитывая их взаимное влияние друг на друга. Соответственно, должны анализироваться: условия труда на рабочих местах, виды выполняемых работ, применяемые методы выполнения рабочих операций; используемое оборудование, используемые сырье, материалы, и инструменты, наличие сосудов, работающих под

давлением, состояние зданий и сооружений, маршруты движения работников, личные качества работника (склонность к риску, быстрота реакции, стрессоустойчивость) и др.

Реализовать системный подход к организации работы по охране труда предприятие может с помощью внедрения системы управления охраной труда (СУОТ), разработанной на основе ГОСТ Р ИСО 45001-2020. Это позволит предприятию задействовать целый комплекс средств, направленных на снижение производственного травматизма: при разработке СУОТ предприятию необходимо провести обучение руководителей и персонала, обеспечить их вовлеченность в работу, организовать учет предложений, поступающих от работников, изменить подход к планированию работ по охране труда. Разработка СУОТ, комплексный подход к выявлению опасностей, действующих на рабочих местах, повышение ответственности персонала позволит повысить эффективность работы предприятия по охране труда, снизить производственный травматизм, сохранить жизнь и здоровье персонала, уменьшить потери рабочего времени и увеличить выпуск продукции.

Список используемых источников:

1. A. E. Sorokin, S. N. Bulyshev, S. V. Novikov, S. I. Gorbachev Information Science in Occupational Safety Management // Russian Engineering Research. — 2019. — Vol. 39 (4). — pp. 324—329. DOI: 10.3103/S1068798X19040154.
2. Е. Е. Галкина, А. Е. Сорокин, М. И. Дайнов, М. А. Ковтун Внедрение рекомендаций ГОСТ Р ИСО 45001-2020 в систему менеджмента предприятия — реализация риск-ориентированного подхода к управлению охраной труда / Качество и жизнь, №4 (36), 2022, с. 35-41 DOI 10.34214/2312-5209-2022-36-4-35-41.
3. E. E. Galkina, A. E. Sorokin, T. V. Golovanova, Improving Management Efficiency at Aerospace Enterprises, Russian Engineering Research, 2021, Vol. 41, No. 12, pp. 1206–1208, DOI: 10.3103/S1068798X21120157.
4. ГОСТ Р ИСО 45001-2020 «Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования и руководство по применению». М.: Стандартинформ, 2020.

Применение среды Simulink при анализе систем регулирования давления воздуха в гермокабине

Лысяк Я.О., Немцева А.С., Гвоздкова К.В.

Научный руководитель — профессор, д.б.н. Матюшев Т.В.
МАИ, Москва

Цель работы — разработка и обоснование комплексной имитационной модели газодинамических процессов при декомпрессии секционированных гермокабин (ГК) воздушного судна (ВС) в среде Simulink.

Решались следующие задачи:

1. Обоснование и разработка методики определения параметров узлов системы автоматического регулирования давления (САРД) на основе имитационной модели.
2. Разработка алгоритма расчета пропорционально-интегрально-дифференцирующий регулятор (ПИД-регулятора) как объекта автоматического управления в среде Simulink.
3. Программная реализация модели декомпрессии ВС, позволяющая:
 - Учитывать динамику давления в кабине в зависимости от изменения законов регулирования при маневренном полете;
 - Провести расчет параметров узлов САРД ГК при маневренном полете.

За базовую модель была выбрана имитационно

На основе существующих подходов за базовую модель была выбрана имитационная модель Матюшева Т.В. и соавторов. При разработке модели САРД использовалась система имитационного моделирования Simulink.

Разработанная математическая модель может быть применена для решения широкого спектра задач, связанных с проектированием сложных систем наддува и вентиляции различного оборудования, таких как газовые емкости с притоком или оттоком газа, системы

кондиционирования и вентиляции на промышленных объектах, подводных кораблях, подземных сооружениях, убежищах и других.

Модель, полученная в результате, позволяет при проектировании ВС осуществить разумный выбор параметров герметичности и газодинамики ГК, а также учесть летно-эксплуатационные характеристики ВС с возможной декомпрессией кабины в полете.

Полученные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Разработанная, на основе базовой модели Матюшева Т.В. и соавторов имитационная модель разгерметизации кабины, позволяет проводить теоретические расчеты и определять взаимозависимость параметров САРД в маневренном полете с учетом физиологических показателей человека.

2. Значения параметров, полученные в вычислительных экспериментах, позволяют применить модель для дальнейших исследований по обоснованию медико-технических требований к программам регулирования давления в ГК ВС при маневренных полетах.

3. На основе полученной модели разработана и обоснована методика расчета ПИД-регулятора как объекта автоматического управления. На основе значений давления на выходе регулятора, произведен расчет значений на входе.

4. На основе полученной модели проведен анализ законов регулирования давления в условиях интенсивного маневрирования. Определена величина потребной массовой подачи для компенсации скачков давления.

Список используемых источников:

1. Илюшин Ю.С., Олизаров В.В. Системы обеспечения жизнедеятельности и спасения экипажей летательных аппаратов. (М: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского. 1972) 492 с.

2. Матюшев Т.В., Дворников М.В., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А., Поляков А.В. — Математическое моделирование динамики показателей газообмена человека в условиях гипоксии // Математическое моделирование. 2014.

3. Матюшев Т.В., Дворников М.В., Рыженков С.П., Максимова И.Д., Рыбина А.С., Малышев А.Д., Носков Р.Г. Теоретическая оценка переносимости декомпрессии человеком в разгерметизированной гермокабине// Авиакосмическая и экологическая медицина. — 2022. Т. 56. № 2. — С. 90-97. DOI: 10.21687/0233-528X-2022-56-2-90-97

4. Чадов В. И. Экспериментально-теоретическое обоснование декомпрессионной безопасности внекорабельной деятельности экипажей пилотируемых космических объектов автореф. дис. д-ра мед. наук: 05.26.02. — М.: ФГУ «Всероссийский центр медицины катастроф «Защита»». — 2005. — 86 с.

Исследование тепловых процессов системы «человек – окружающая среда»

Малышев А.Д., Рыбина А.С., Шеина М.А.

Научный руководитель — профессор, д.б.н. Матюшев Т.В.

МАИ, Москва

Целью нашего исследования было изучение тепловых процессов в системе «человек – окружающая среда» при низких температурах с использованием математической модели. Для достижения этой цели были решены следующие задачи:

1. Разработано формализованное описание теплообменных процессов в системе «человек – окружающая среда», учитывающее изменчивость теплофизических параметров, процессы теплоотдачи в окружающую среду, конвективный перенос тепла между слоями и элементами, а также наличие внутренних источников тепла.

2. Разработана и реализована математическую модель теплообмена в системе «человек – окружающая среда» при низких температурах в программном комплексе.

3. Проведены вычислительные эксперименты по тепловым процессам в системе «человек – окружающая среда» при низких температурах.

При решении первой задачи мы использовали концепцию J.A.J. Stolwijk, рассматривая «человек – окружающая среда» как сложную многослойную термодинамическую систему с переменными теплофизическими свойствами, внутренними источниками тепла и конвективным переносом тепла между слоями и компартментами. Единичный компартмент

был представлен как один из слоев трехслойной цилиндрической стенки с различными теплофизическими свойствами: ядро, оболочка и теплозащитный пакет, туловище и голова рассматривались отдельно.

Для решения второй задачи алгоритм математической модели был реализован в программной среде MatLab.

В рамках третьей задачи был проведен вычислительный эксперимент, имитировались реакции организма человека при холодовых воздействиях, при использовании активного и пассивного теплозащитных пакетов.

Разработанная модель адекватно описывает тепловые процессы системы «человек – окружающая среда» при низких температурах. Она предназначена для оценки теплового состояния организма в условиях низких температур.

Инновационные подходы к цифровому контролю отраслей обращения с отходами в аэропорту

Милто Е.В., Салимгареева В.Р.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Метечко Л.Б.

МАИ, Москва

В последние годы наблюдается стремительный рост объема отходов, вызванный увеличением населения и потреблением ресурсов. В связи с этим, цифровой контроль обращения с отходами становится важным. В исследовании проведен анализ мероприятий в аэропортах в рамках устойчивого обращения — подхода «нулевых отходов».

Растущий объем перевозок создает стимул для обеспечения безопасного и качественного обслуживания. По данным ИКАО в 2020 году авиакомпаниями воспользовались около 5.2 миллиарда пассажиров. По мере роста аэропортов и/или расширения их деятельности они оказывают воздействие на среду. Устойчивое управление отходами определяется «как надежные услуги по сбору и удалению отходов, которые соответствуют высоким стандартам, приемлемым для общества и являются разумно доступными финансово». Неспособность управлять отходами может привести к увеличению выбросов парниковых газов, которые способствуют глобальному потеплению. Стратегия «нулевых отходов» основана на предотвращении образования отходов и содействии вторичной переработке.

В аэропорту обслуживаются различные линии:

- Зона А (пассажирский терминал и автостоянка): районы с высокой плотностью. Основная часть отходов обусловлена мобильностью пассажиров.

- Зона В (наземные здания): энергетические центры, станции очистки сточных вод, топливозаправочные станции.

- Зона С (здания на аэродроме): объекты обслуживания: ангары, вышки управления. Кроме того, в зоне находятся опасные и промышленные отходы ангаров.

Аэропорты играют ключевую роль в процессе обеспечения функционирования воздушного транспорта. Управление отходами в аэропортах рассматривается как одна из основных экологических проблем. Отходы, образующиеся в аэропортах, могут быть разделены на несколько категорий в зависимости от источника: твердые бытовые отходы, строительные отходы, зеленые отходы, пищевые отходы, отходы, связанные с очисткой разливов. Для эффективного управления в аэропортах требуется разработка специальной системы, включающей сортировку и переработку, введение системы оплаты за обращение с мусором. Система управления соответствовать нормативным требованиям и быть ориентирована на эффективное сбор, хранение, переработку и удаление отходов.

Аэропорты могут использовать централизованные, децентрализованные системы управления отходами, либо комбинацию обеих.

- Централизованные системы управления — имеют единую точку управления отходами терминалов и самолетов — требует инвестиций и затрат на персонал, аккуратна и обеспечивает лучшее разделение фракций.

- Децентрализованный сбор позволяет разделять виды отходов: позволяет администрации аэропорта свести к минимуму обязательства по координации.

Внедрения политики устойчивого развития окружающей среды должны опираться на принципы — «Зеленые инновации», «Экооперации» и «Экологические отношения», а также — аэропорт, сосуществующий с регионом; аэропорт, защищающий среду; аэропорт с минимальным воздействием на среду; аэропорт, перерабатывающий ресурсы, и аэропорт, учитывающий биоразнообразие.

В ходе LTO в международном аэропорту ежегодно образуется около 10 000 тонн отходов, преимущественно поступающих из самолетов, центров питания на борту и зданий терминалов. Приблизительно 20% от общего объема отходов приходится на самолеты. Дополнительным источником отходов является использование упаковочного материала (пластика) для защиты груза во время авиаперевозок.

Прогнозируемое увеличение авиаперевозок приведет к росту мусора в аэропортах. Учитывая разнообразие культур пассажиров, можно изменить потребительское поведение через экономические стимулы. Следует поощрять разделение отходов на источнике с применением промышленных методов для достижения целей «нулевого отхода». Развитие усилий по предотвращению политики бесплатного питания на борту в рамках стратегии «нулевых отходов» позволит значительно сократить количество мусора на рейсах.

Список используемых источников:

1. Pitt, Michael & Brown, Andrew & Smith, Andrew. Waste Management at Airports, 2002
2. Sindhamani, V. Application of Circular Economy in Airports, NACO, 2017
3. Сапронов Е.С., ПРОБЛЕМА ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ В АЭРОПОРТАХ, 2018

Возможность создания энергетической установки на основе работы системы генерации кислорода и топливных элементов в КА

Михайлова Д.Ю.

Научный руководитель — Шангин И.А.
МАИ, Москва

При разработке энергетических систем космических аппаратов (КА) уделяют особое внимание к массогабаритным характеристикам, а именно к их уменьшению. Этому может способствовать совместная работа системы генерации кислорода и топливных элементов (ТЭ) в качестве системы энергоснабжения в КА. В рамках данной работы будут рассматриваться низкотемпературные водородно-воздушные ТЭ.

Основными факторами, которые будут влиять на режим работы такой энергетической установки, являются:

- 1) Срок службы;
- 2) Требования к надёжности, нагрузкам и техническому обслуживанию;
- 3) Характер нагрузок;
- 4) Режимы эксплуатации;
- 5) Требования к мощностным и энергетическим характеристикам.

Предложены принципы работы и конструкции системы генерации кислорода и ТЭ, а также пример их совместной работы. Представляется весьма важным использование подобных систем в КА в качестве энергетических систем. Приведены примеры использования в КА системы генерации кислорода и различных топливных элементов.

Представляют интерес мембраны, применяемые в работе системы генерации кислорода и низкотемпературных водородно-воздушных ТЭ.

Изучены проведённые исследования в области применения различных водородно-воздушных ТЭ.

Сформулирована актуальная оценка особенностей такой энергетической установки и её математическая модель, на основе которой планируется получить вольт-амперные характеристики установки для дальнейших исследований.

Представляют интерес возможности и перспективы создания таких установок для использования в КА.

Список используемых источников:

1. Валитов М.И. Диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук: «Новые платиновые и комплексные никелевые катализаторы для полимерно-электролитного топливного элемента, ЭПР-мониторинг процессов окисления топлива и деградации мембраны». Казань — 2014 г.
2. А.В.Козлов, статья «Математическая модель топливного элемента» в журнале «Транспорт на альтернативном топливе» 2022 г.
3. М.О. Галлямов, А.Р. Хохлов. Материалы к курсу по основам топливных элементов. «Топливные элементы с полимерной мембраной». Москва, 2014 г.
4. Лоскутов А.Б. «Современные технологии производства и накопления электрической энергии» XII Международная научно-техническая конференция «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА ГЛАЗАМИ МОЛОДЕЖИ».

Расчёт конструктивных параметров функциональных узлов индивидуальной системы обеспечения жизнедеятельности

Немцева А.С., Гвоздкова К.В., Лысяк Я.О.

Научный руководитель — профессор, д.б.н. Матюшев Т.В.

МАИ, Москва

Цель работы — обоснование и разработка алгоритмического обеспечения проектирования перспективной кислородной системы летательного аппарата с увеличенным объемом расхода кислорода до 150 л/мин в среде проектирования «Simulink».

Решались следующие задачи:

- Обоснование и разработка методики определения функциональных характеристик кислородной системы для перспективной кислородной системы с увеличенным до 150 л/мин объемом расхода кислорода.
- Разработка алгоритмов определения функциональных характеристик узлов кислородной системы.

- Разработка программного алгоритма в среде программирования Simulink.

При разработке алгоритма расчета конструктивных параметров необходимо было решить две подзадачи:

- Провести анализ существующих кислородных систем летательных аппаратов;
- Определить состав и структуру основных соотношений статического расчета кислородного редуктора прямого действия, газового регулятора давления прямого действия с клапаном обратного хода, легочного автомата давления.

В настоящее время на самолетах, выполняющих высотные полеты, предусмотрена трехуровневая система обеспечения жизнедеятельности, включающая:

- Гермокабину с системами кондиционирования воздуха и автоматического регулирования давления;
- Бортовое кислородное оборудование и индивидуальное высотное снаряжение (кислородные маски или герметичные шлемы, высотные компенсирующие костюмы или авиационные скафандры);
- Аварийные высотные средства защиты — переносное кислородное оборудование, парашютные кислородные приборы или кислородные системы катапультного кресла.

Расчет конструктивных параметров КС проводился в среде программирования «Simulink». В зависимости от величины объемной скорости O_2 были определены:

- Конструктивные параметры: диаметр клапана, максимальная высота поднятия клапана над седлом, передаточное отношения рычага, диаметр мембраны, диаметр жесткого центра мембраны;
- Технические характеристики клапанной пружины: установочное усилие, жесткость, рабочий ход;

• Технические характеристики упругой системы: максимальное установочное усилие, развиваемое упругой системой на высоте при закрытом клапане, максимальная жесткость упругой системы на высоте и максимальный ее ход.

Проблема автоматизации проектирования разработки кислородных систем, так и других элементов различных систем самолетов является одной из важнейших в конструировании. Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы

1. Полученные результаты позволили количественно определить зависимость функциональных характеристик кислородной системы прерывной подачи от изменения объемной скорости кислорода.

2 Существенным результатом работы является разработка и обоснование методики проектирования кислородной системы, которая может стать основой для методического и алгоритмического обеспечения проектирования узлов кислородных систем, повышающих защиту летчика от неблагоприятных факторов высотного полета на критических режимах работы.

3. Значения параметров, полученные в вычислительных экспериментах, позволяют применить алгоритм для дальнейших исследований по обоснованию медико-технических требований к программам регулирования давления в ГК ВС при маневренных полетах.

4. Алгоритм расчета проектных параметров кислородной системы может использоваться в качестве универсального математического инструмента при решении широкого круга практических задач, связанных с регулированием параметров воздуха, наддувом и вентиляцией гермокабины.

Список используемых источников:

1. Акопов М.Г. Проектирование систем индивидуального жизнеобеспечения: Учеб. пособие. — М.: Изд-во МАИ, 2015. — 176 с.

2. Акопов М.Г., Дудник М.Н. Расчет и проектирование авиационных систем индивидуального жизнеобеспечения — М.: Машиностроение, 1985. — 232 с.

3. Акопов М.Г. Расчет конструктивных параметров газового регулятора давления: Учеб. пособие. — М.: Изд-во МАИ, 1982 г. — 31 с.

4. Акопов М.Г. Методические указания к курсовому проектированию индивидуальных систем обеспечения жизнедеятельности. М.: Изд-во МАИ, 1990. — 44 с.

Разработка средства индивидуальной мобильности космонавта в условиях измененной гравитации других планет

Понятов А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Васин Ю.А.

МАИ, Москва

С давних времен люди не просто стремились оторваться от Земли — «колыбели человечества», они мечтали и о поселениях на других планетах. Последние шесть десятилетий человечество занято не просто покорением, а попыткой освоения космоса, который можно назвать ближним.

Освоение Луны с целью разработки и использования её природных ресурсов сейчас выдвигается на первый план среди первоочередных задач космических исследований, что потребует создание и использование новых технологий как для обеспечения жизнедеятельности, так и для выполнения различных задач на поверхности этого небесного тела. По результатам различных медико-биологических экспериментов по изучению работоспособности космонавтов уже сейчас предполагается, что на четвертые сутки после длительного полета к другим планетам космонавты смогут заниматься «тяжелой инопланетной деятельностью» с физическими нагрузками.

Перемещение по поверхности Луны и других планет является крайне важной задачей и требует создание транспортных средств и средств индивидуальной мобильности, способных работать в условиях низкой гравитации, жёсткого излучения и ограниченных ресурсов. В настоящее время существуют различные устройства и их прототипы для перемещения и

маневрирования (роверы, мобильные станции и даже концепции летательных аппаратов для исследования планетарных атмосфер), однако они имеют различные недостатки. Так, например, устройства, использующие для передвижения колеса, имеют недостаточную проходимость по поверхности Луны, а различного рода реактивные ранцы и прочие подобные системы не позволяют передвигаться на длительные расстояния от корабля.

В данном докладе рассматривается разработка быстрого, безопасного, комфортного средства индивидуальной мобильности космонавта для перемещения на длительные расстояния по поверхности Луны. Главным конструктивным элементом которого является специальный ложемент позволяющий нивелировать остаточные воздействие неблагоприятных факторов межпланетного перелета на физиологические системы организма, в том числе и на опорно-двигательную, при осуществлении сложнейших инженерных задач и операторской деятельности космонавта на поверхности Луны.

Список используемых источников:

1. Легостаев В.П., Лопота В.А., Синявский В.В. Эффективность применения космических ядерных энергетических и ядерных электроракетных двигательных установок // Космическая техника и технологии. 2013. No 1. С. 4–15.
2. Грибков А.С., Евдокимов Р.А., Синявский В.В. Лунный добывающе-перерабатывающий комплекс // Энергия: Экономика, техника, экология. 2011. No 10. С. 68–74.
3. Григорьев А.И. Космическая физиология и медицина : Учебное пособие // Под. ред. А. И. Григорьев. — М.: МГУ, 1997. — 40 с.

Умные устройства пожаротушения бытовых пожаров

Пурыскина А.В., Воронцов А.М.

Научный руководитель — Кабанов А.С.

МАИ, Москва

Специалисты пожаротушения ежегодно создают новые методы борьбы с природными пожарами, а также пожарами на производстве, однако бытовым пожарам уделяется слишком мало времени. К сожалению, тех систем и приспособлений, которые используются при тушении бытовых пожаров недостаточно и до 2017 года число жертв во время городских возгораний было слишком высоко.

Ежегодно увеличивается процент бытовых пожаров относительно всех происходящих возгораний на территории России. Такая статистика объясняется усердной работой специалистов по предотвращению техногенных и природных пожаров, что уменьшает общее число возгораний, но подчёркивает высокий процент бытовых пожаров.

Современные приборы, которые используются в быту всё больше оснащают инновационными системами искусственного интеллекта для более продуктивного и качественного выполнения основных действий. Однако в пожаротушении искусственный интеллект применяется крайне мало, хотя, стоит заметить, что в России есть все возможности активно переводить роботизированные системы пожаротушения не только на дистанционное управление, но и под управление искусственным интеллектом.

В процессе исследования было выявлено, что если использовать возможности чата GPT и систем умного дома, то возможно создание бытовых роботов пожаротушения — трёх групп. Одна группа роботов будет проводить анализ возгорания. Вторая проводить разведку и строить маршруты для пожаротушащей аппаратуры. А третья группа будет непосредственно воздействовать на очаг возгорания, тушить пожар, либо сдерживать пламя до приезда специалистов пожаротушения.

Чаты GPT на данный момент имеют возможность обмениваться информацией и объединять усилия для решения даже самых сложных задач, такая система должна быть использована при создании искусственного интеллекта пожаротушащей аппаратуры. Таким образом, роботизированные системы смогут обмениваться информацией, вместе решать задачи по тушению объектов, определять через датчики, какое пожаротушащее вещество использовать в конкретной ситуации, включать необходимые приборы, передавать друг другу разведанную информацию и создавать стратегические группы для сдерживания пламени. Всё

это уже возможно с теми технологиями, которые были разработаны для Российских чатов GPT, остаётся только применить данные технологии для создания противопожарных роботов.

Подобные системы при совместной работе с установками умного дома способны предугадывать возгорание, а также быстро и качественно тушить бытовые пожары.

Каждый год вводимые в пожаротушение инновационные проекты улучшают ситуацию с пожарами по стране, так специалистам пожаротушения удалось преуменьшить природные пожары почти в 5 раз за последние 3 года, однако сейчас требуются оперативные действия с бытовыми возгораниями. И как удалось выяснить в процессе исследования, ничего лучше искусственного интеллекта сейчас использовать не получится.

Искусственный интеллект — это способ уберечь тысячи жизней и предотвратить десятки бытовых пожаров, процент которых на данный момент более 90% по всей стране.

Список используемых источников:

1. Обзор современных спецсредств пожаротушения // [Электронный ресурс] // <https://moscow.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/intervyu/3776284>

2. Количество пожарных датчиков на м2: один, два или три извещателя сигнализации нужно // [Электронный ресурс] // <https://opozhare.ru/faq/kolichestvo-pozharnyh-datchikov-na-m2-odin-dva-ili-tri-izveshhatelya-signalizatsii-nuzhno?ysclid=lqpb9byoi9854481878>

3. Копирование доступно только Подписчикам проекта, узнайте подробнее тут <https://fireman.club/podpiska/> // [Электронный ресурс] // <https://fireman.club/statyi-polzovateley/stationarnyye-sistemy-pozharotusheniya-vidyi-i-klassifikatsiya/?ysclid=lqpb9v3s3r303867252>

4. Роботизированные Установки Пожаротушения // [Электронный ресурс] // <https://lafet01.ru/products/6?yclid=17307531458703261695>

Исследование теплообмена в условиях измененной окружающей среды

Рыбина А.С., Малышев А.Д., Шеина М.А.

Научный руководитель — профессор, д.б.н. Матюшев Т.В.

МАИ, Москва

Целью работы было исследовать теплообмен человека в условиях пониженного барометрического давления на основе математической модели.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: 1. Составлено формализованное описание механизмов физиологической терморегуляции с учетом физических закономерностей тепло- и массопереноса. 2. Разработана и реализована в программном комплексе математическая модель системы терморегуляции в условиях пониженного давления. 3. Проведены вычислительные эксперименты при температуре 25 °С и 35 °С в условиях пониженного давления. 4. Проведена проверка на адекватность модели.

При решении первой задачи нами была выбрана концепция J.A.J. Stolwijk, что тело человека представлено 4 сегментами: туловище и голова, разделённая на ядро (мозг, внутренние органы) и оболочку. Система кровообращения была представлена отделенным участком. Моделировалась централизованная реакция изменения объемной скорости кожного кровообращения и потовыделения. Реакция объемной скорости кровообращения строилась на основе концепции регулирования по центральной температуре. Реакция потовыделения строилась на основе концепции без установочной точки. При расчете компонентов внешнего теплообмена была использована методика расчета теплофизических свойств воздуха на основе теории подобия.

При решении второй задачи алгоритм математической модели был написан в программной среде MatLab.

При решении третьей задачи в вычислительном эксперименте имитировалось изменение температуры 25 °С и 35 °С в условиях пониженного давления в барокамере для высот 0, 7.5, 8 и 10 км в течении 6 ч.

При решении четвертой задачи сопоставлялись данные вычислительного эксперимента и данные эксперимента из диссертации Логунова А.Д. по критерию Фишера. Было проведено сравнения при температурах 25 °С и 35 °С для высот 7.5, 8 и 10 км, так как полученные

отношения дисперсий не превышают табличное значение критерия Фишера, то нулевая гипотеза верна.

Таким образом, разработанная модель адекватно описывает терморегуляцию человека в условиях пониженного барометрического давления. Данная модель предназначена для оценки теплового состояния организма в условиях авиационного и космического полетов.

Факторы космической погоды и их воздействие на околоземное космическое пространство и космическую деятельность

Салимгареева В.Р.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Метечко Л.Б.

МАИ, Москва

Целью данного обзорного исследования является анализ воздействия космической погоды на околоземное космическое пространство, космическую деятельность, техносферные объекты и выявление рисков, связанных с этими явлениями.

Околоземное космическое пространство, где реализуется космическая деятельность, охвачено магнитным полем планеты Земля, образующим её магнитосферу. Магнитосфера играет ключевую роль во взаимодействии солнечных «протонных ливней», несущихся к нашей планете в периоды солнечной активности.

Земля является открытой системой и постоянно взаимодействует с окружающим космическим пространством веществом и энергией. Наибольшим влиянием на Землю обладают ближайšie космические объекты: солнце — ближайшая звезда, Луна — спутник с достаточно сильным гравитационным воздействием и другие планеты солнечной системы, кометы и астероиды, периодически приближающиеся к ней.

Особо сильными негативными факторами воздействия космической погоды на биотехносферу являются пики солнечной активности и сопровождающие ее геомагнитные бури и штормы.

Солнечная активность определяется количеством солнечных пятен и вспышек на поверхности Солнца. Во время солнечной активности наблюдаются сильные выбросы массы и энергии из солнечной короны, которые достигая Землю вступают во взаимодействие с магнитосферой земли, которая защищает все живое от жесткого излучения, которое вместе с мощными потоками солнечного вещества и проявляется в геомагнитных бурях. Корональные выбросы солнечной плазмы, достигающие магнитного экрана Земли, вызывают не только красивые полярные сияния, но и также увеличивают радиационное воздействие в околоземном космическом пространстве.

Геомагнитные бури вызывают серьезные изменения магнитного поля, провоцирующие сбои в работе в любой радиоэлектронной аппаратуры, что негативно влияет на работу космических станций, спутников связи, коммуникационных и навигационных систем, вызывает внезапные неполадки и сбои.

Влияние космической погоды также сказывается на работу наземных инфраструктур жизнеобеспечения общества и живые организмы планеты.

Систематизируя множество сочетанных угроз, которые несут в себе негативные факторы проявления космической погоды, можно выделить несколько из них, ущерб от которых может быть катастрофическим:

- Повреждение спутников может привести к прерыванию GPS связи, что грозит авариями на транспорте на земле, на воде и в космосе.
- Магнитные бури могут вызывать всплески напряжения наведенных токов в электросетях, что может привести к временному отключению отдельных линий электропередач к гибели оборудования трансформаторных станций.
- Блуждающие токи в период магнитных бурь вызывают активную точечную коррозию на трубопроводных сетях под землей.
- Сильные радиационные бури на больших высотах могут быть опасны для экипажей.

• Астронавты, находящиеся за пределами магнитосферы Земли, подвергаются увеличенному уровню радиации во время солнечной активности.

Противодействию негативным явлениям космической погоды до сих пор не уделяется должного внимания, несмотря на довольно серьезные потери и ущербы, которые порой несут в себе риски национальной безопасности целых государств. Виною этому, возможно, является не постоянная, а периодическая опасность и непредсказуемость мощности очередной активности солнца.

Тенденции на повышение солнечной активности в последние годы не оставляет времени на длительную подготовку. Очевидно, что с развитием высоких технологий и космической деятельности особенно остро стоит вопрос необходимости консолидированно искать эффективные методы к снижению и противодействию угрозам космической непогоды.

Первостепенные задачи, которые предстоит решать в ближайшее время:

- Разработать и усовершенствовать методы заблаговременного прогнозирования времени наступления и мощности предстоящей солнечной атаки и будущих протонных осадков.

- Искать эффективные методы и технологии, предотвращения негативного воздействия на космические станции и другие космические аппараты.

- Искать новые и совершенствовать старые способы обеспечить безопасность протяженным электролиниями и подземным коммуникациям.

- Усовершенствовать обучение и подготовку специалистов в области противодействия негативным факторам космической погоды в астронавтике и космических технологиях с целью эффективного и профессионального управления и реагирования.

- Обеспечивать государственную поддержку НИР и НИОКР в этом важном направлении обеспечения комплексной безопасности человечеству.

Современное общество характеризуется мощной и растущей техносферой, неразрывно связанной с дальнейшим развитием космической деятельности, которая вплелась и пронизала все виды человеческой активности в науке, на производстве и в быту.

Наступило время направить научную мысль на обеспечение комплексной безопасности от всех возможных экологических угроз антропогенного, природного биосферного и космического характера. Пора научиться управлять и противодействовать угрозам космической погоды, оберегая наш общий дом Землю и всех живущих в нем.

Список используемых источников:

1. «Солнечная активность и глобальная сейсмичность Земли» Одинцов С.Д., Иванов-Холодный Г.С., Георгиева К. журнал: «Известия Российской академии наук, серия физическая. Том: 71. Номер: 4. Год: 2007. Страницы: 608–610.

2. Баевский Р.М., Бреус Т.К., Никулина Г.А., Петров В.М., Черникова А.Г. «Влияние изменений магнитного поля Земли на функциональное состояние человека в условиях космического полета». Пр-1987. 1998 22 с.

3. Комаров Ф.И., Рапорт С.И., Бреус Т.К., Баевский Р.М., Гурфинкель Ю.И., Рогоза А.Н., Ораевский В.Н., Большакова Т.Д., Малиновская Н.К., Петров В.М. Хронобиологические аспекты природы и характера воздействия магнитных бурь на функциональное состояние организма людей. в Сб. Из-во «Триада», Москва, 2000 С. 299–317.

4. Чижевский А.Л. «Земное эхо солнечных бурь»: М., Мысль 1976г. — 367 с.

5. Чижевский А.Л. «Космический пульс жизни»: М., Мысль 1976г. — 766 с.

6. Мирошниченко Л.И. Солнечная активность и Земля. — М.: Наука, 1981.

Применение неинвазивных технологий для биохимического контроля адаптационных процессов в условиях Лунной базы

Сафронова К.П.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Строгонова Л.Б.
МАИ, Москва

Успешность космической экспедиции зависит, в частности, от качества и эффективности систем обеспечения жизнедеятельности, одной из неотъемлемых частей которых являются

средства медицинского контроля. Подобные средства контроля важны как при подготовке к космическому полету, в качестве периода адаптации к неблагоприятным условиям космического полета, так и при выполнении специфических задач, таких как выход в открытый космос. Во время подобных нагрузок организм человека испытывает, как психофизиологический, так и психоэмоциональный стресс, следствием которого является адаптационный синдром, описанный Г. Селье в 1936 г. Дальнейшие исследования факторов различной природы показали, что адаптивная значимость не ограничивается лишь поддержанием гомеостаза и сохранением жизнеспособности, но также задействует нейроэндокринную и иммунную систему.

Исследования показывают зависимость между адаптационными процессами и уровнем глюкозы крови, что также подтвердилось в наземном модельном эксперименте «сухая» иммерсия, результаты которого изложены в докладе.

В работе предлагается использование неинвазивных технологий измерения биохимических параметров, в рамках создания носимого беспроводного устройства для непрерывного общего медицинского контроля космонавта в режиме реального времени, предназначенного для исследования психофизиологического состояния в условиях Лунной базы. Предполагается использование системы поддержки принятия решений. Также предлагается универсальный набор неинвазивных датчиков, позволяющих исследовать сепарировано сердечно-сосудистую систему, нервную систему и общее психофизиологическое состояние методом непрерывного снятия показаний.

Список используемых источников:

1. Г. Селье. Очерки об адаптационном синдроме. Перевод с английского В.И. Кандаурова и А.А. Рогова. Редакция и вступительная статья М.Г. Дурмишьяна. Государственное Издание Медицинской литературы МЕДГИЗ. 1960. Москва.

2. Гуцол Л.О., Гузовская Е.В., Серебренникова С.Н., Семинский И.Ж.. Стресс (общий адаптационный синдром): лекция. Байкальский медицинский журнал. 2022; 1(1); с. 70–80.

Целесообразность использования центробежного вакуумного дистиллятора с термоэлектрическим тепловым насосом для дальних космических полётов Слободчиков В.Ю.

Научный руководитель — Шангин И.А.
МАИ, Москва

В настоящее время приобретают актуальность разработки систем для космических аппаратов, предназначенных для полётов к Луне и даже к Марсу. Эти полёты занимают на порядки больше времени, и в таких условиях главным параметром любой системы, в особенности СОЖ, становится надёжность и безотказность работы; эффективность, энергопотребление и даже масса отходят на второй план.

Выбор системы регенерации воды — не исключение: процесс должен быть отработанным, простым в обслуживании и ремонтнопригодным. Именно такой системой и представляется вакуумная дистилляция.

Поскольку в вакууме жидкость кипит при более низкой температуре, появляется возможность разделять вещества, разлагающиеся при перегонке с атмосферным давлением. Помимо этого, такое прохождение процесса позволяет снизить нагрузку на систему обеспечения теплового режима и, особенно при использовании в сочетании с тепловым насосом, уменьшить энергопотребление, необходимое для достижения температуры кипения.

Очевидно, помимо дистилляции существуют способы опреснения воды без фазового перехода, такие как электродиализ, электродеионизация, обратный осмос, химическая очистка и так далее, но они обладают значительными недостатками.

Так, электрохимические способы в настоящее время могут очищать жидкость только от минеральных солей, а методы растворения и вывода органических веществ на данный момент только обрабатываются.

В установках обратного осмоса необходимо использовать мощные насосы, оказывающие значительную нагрузку на энергосистему корабля и понижающие надёжность как системы управления, так и всей системы регенерации в целом.

Для химической очистки понадобится значительный запас реагентов и дополнительная система фильтрования воды от получившихся соединений.

В настоящее время существуют несколько отработанных систем регенерации воды для условий космических полётов.

Первая основана на технологии Vapor Compression Distiller (VCD), применяемой NASA.

Предлагается же использовать многоступенчатый центробежный вакуумный дистиллятор (ЦВД) в комплексе с термоэлектрическим тепловым насосом (ТТН).

Преимуществами ЦВД являются:

1. Высокие коэффициенты теплопередачи (до $104 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ [1]) обеспечивают небольшие разности температур на ступенях дистиллятора

2. Степень извлечения воды может достигать 96% без образования отложений на поверхности теплообмена.

3. Качество дистиллята выше, чем у VCD.

4. Отсутствие внешних насосов с отдельными приводами.

5. Отсутствие уплотнений с трением по твёрдой поверхности.

6. Саморегулирование уровней раствора и конденсата в полостях ротора дистиллятора.

7. Простой и надёжный дистилляционный блок.

При сравнительном анализе VCD и ЦВД существуют следующие зависимости:

При увеличении входной концентрации раствора от 5 до 35% производительность VCD падает почти в 1,3 раза, энергопотребление возрастает вдвое, с 65 до 130 Вт·ч/л [1].

Изменение производительности ЦВД в тех же условиях незначительно, а рост энергопотребления не превышает 7%.

Такой результат объясняется тем, что в VCD с ростом температурной депрессии, вызванной повышением концентрации, возрастает степень сжатия компрессора, что повышает расход электроэнергии.

В ЦВД температурная депрессия не оказывает значительного влияния на общий перепад температур, а термоэлектрический тепловой насос менее чувствителен к нему.

Таким образом, сравнение технологических схем демонстрирует ряд преимуществ системы регенерации воды на базе центробежного вакуумного дистиллятора с термоэлектрическим тепловым насосом:

- Отсутствие механического компрессора;
- Значительное снижение влияния физико-химической температурной депрессии на эффективность процесса;
- Как следует из полученных зависимостей, меньшее энергопотребление и лучшая производительность.

Это позволяет сделать заключение о целесообразности использования системы на базе ЦВД с ТТН, особенно с учётом требований для дальних и длительных космических миссий с космонавтами на борту.

Список используемых источников:

1. Барабаш П.А., Соломаха А.С., Усенко В.И., Петренко В.Г. Центробежные дистилляторы в системах жизнеобеспечения пилотируемых космических объектов // Авиационно-космическая техника и технология. 2018. №5(149).

Медицинский контроль гормонального статуса космонавта в условиях обитаемой лунной базы

Ульянкин А.И., Сафронова К.П.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Строгонова Л.Б.

МАИ, Москва

При длительных космических полетах (КП), таких, как полет на лунную базу, для корректной работы медико-технического обеспечения требуется создание системы поддержки принятия решений (СППР).

Известно, что на данный момент, к комплексу систем обеспечения жизнедеятельности космонавта относятся как система медицинского обеспечения космонавта, так и средства медицинского контроля космонавтов. При полетах к другим планетам, факторы КП неизбежно оказывают негативное влияние на здоровье экипажа. Так, для предотвращения внештатных ситуаций, выявляется необходимость в регистрации малейших изменений физиологических параметров космонавтов. Для этого требуется использовать совокупность медико-технических устройств. Так, например при возникновении нарушений в одном из отделов эндокринной системы неизбежно страдает весь организм, что особенно прослеживается в условиях КП. В настоящее время известны методы для определения гормонов в различных средах, также доступна информация о механизмах действия некоторых гормонов, а также их клеточных мишенях, локального и системного действия, однако непрекращающееся экспериментальные исследования открывают новые данные о биологической роли гормонов.

В будущих длительных КП, неизбежна изоляция космонавтов от людских коллективов и привычной обстановки жизни на Земле. Следствием является обеднение массива внешних восприятий и снижение количества сенсорных раздражений, поступающих в нервную систему космонавтов. Поток внешней афферентации снизится или, другими словами, снизится массив информации об изменениях в окружающей человека среде. При том, вследствие ограничения подвижности, происходит замедление эфферентной реакции, в первую очередь от рецепторов мышечной системы.

В длительном КП, независимо от нагрузок, которые получает космонавт в течение дня, на его психику оказывает негативное воздействие монотонность и однообразие обстановки, в которой он находится. Так, выявляется необходимость в совершенствовании существующих компонентов системы медицинского обеспечения КП, а также в разработке СППР бортового специалиста.

Таким образом, для получения объективной информации о психофизиологическом состоянии космонавта требуется методика медицинского контроля, независимая от субъективных оценок психолога и нацеленная на обработку психофизиологических параметров человека.

В статье обсуждается разработка СППР для медицинского контроля гормонального статуса космонавта в условиях обитаемой лунной базы.

Список используемых источников:

1. Ганс Селье. Очерки об адаптационном синдроме // Государственное издательство Медицинской Литературы. МЕДГИЗ, 1960. Москва. 253 с.
2. P. Manickam, R.E. Fernandez, Y. Umasankar, M. Gurusamy, F. Arizaleta, G. Urizar, S. Bhansali. Salivary cortisol analysis using metalloporphyrins and multi-walled carbon nanotubes nanocomposite functionalized electrodes // Sensor. Actuator. B Chem., 274, 2018, P. 47–53

Экспертно-консультативная система анализа параметров микроклимата на основе модели Фангера

Шейна М.А., Рыбина А.С., Малышев А.Д.

Научный руководитель — профессор, д.б.н. Матюшев Т.В.

МАИ, Москва

Целью работы было создание на основе модели Фангера экспертно-консультативной системы для анализа параметров микроклимата, позволяющей вычислять индексы теплового комфорта (PMV, PPD).

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи.

1. На основании проведенного анализа литературных источников, описывающих математическую реализацию расчетного метода, предложенного доктором П.О. Фангером (Международный центр по проблемам внутренней среды помещений и энергетике, Датский технологический университет) подобран оптимальный алгоритм его применения.

2. Разработана экспертно-консультативная система в виде приложения с объектно-ориентированным интерфейсом.

3. Проведены проверка работоспособности программы и отработка навыков расчета составляющих теплового баланса и индексов теплового комфорта для исходных данных, рекомендованных в ГОСТ Р ИСО 7730-2009.

Метод основан на известном в физиологии принципе терморегуляции, который утверждает, что общие температурные ощущения человека зависят от баланса между его теплопродукцией и теплопотерями. Этот баланс описывается уравнениями, учитывающими теплопродукцию, теплоизоляцию одежды, температуру воздуха, тепловое излучение, скорость движения и влажность воздуха. Если теплопродукция превышает теплопотери, происходит нагревание организма, вызывающее ощущение «тепло» или «жарко». В противном случае происходит охлаждение, вызывающее ощущение «прохладно» или «холодно».

Экспертно-консультативная система реализована в виде приложения с объектно-ориентированным интерфейсом в программной среде MatLab.

Программа успешно прошла функциональное тестирование на данных для определения прогнозируемой средней оценки ГОСТ Р ИСО 7730-2009 и нагрузочное тестирование при максимальном диапазоне температур.

Таким образом, разработанная экспертно-консультативная система может быть использована при оценке теплового комфорта работников в условиях среды, ограниченных моделью Фангера.

Термодеформационные характеристики актюаторов микроробототехнических систем космического назначения

Яроцкий А.И., Полторацкий Е.И., Ганичкин Р.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Жуков А.А.

МАИ, Москва

Перспектива применения микроробототехнических устройств весьма привлекательна для условий, где непосредственное участие человека затруднено, опасно и/или невозможно, что в особенности характерно для внекорабельной деятельности космонавтов при пилотируемых полетах. Решением этой задачи может быть применение термоактюаторов для обеспечения шагания инспекционной микроробототехнической системы, что позволит увеличить ее надёжность и технологичность, в связи с чем рассматриваемая работа по определению других характеристик термоактюаторов представляется актуальной [1].

Цель исследования: оценка термодеформационных характеристик актюаторов при нагружении и одновременном воздействии температуры в диапазоне от 20 до 250 °С.

Объекты исследования: термомеханический актюатор на основе структуры «кремний-полипиромеллитимид» с геометрическими размерами 7х25 мм.

Методы исследования. Для определения нагрузочных характеристик готовили калиброванные грузики из алюминиевой фольги массой 0.11, 0.22 и 0.34 г площадью 24, 29 и 34 мм² в соответствии с размером термоактюатора. Массу грузиков выбирали при взвешивании на весах Ohaus DV215CD (Китай) с точностью ± 0.00001 г. Термоактюатор помещали в муфельную печь, последовательно располагали на его хвостовике грузики так, чтобы образовывалось плечо 9 мм. Термоактюатор располагали напротив окошка в печи на самодельном приспособлении с миллиметровой шкалой для прямого наблюдения и контроля деформации. Для фиксации положения термоактюатора *in situ* у окошка была помещена камера-микроскоп Levenhuk DTX 30 (Китай) с выводом изображения на ноутбук.

Температуру контролировали с помощью ртутного термометра и термопары. Были проведены измерения термдеформации актюатора с нагрузкой и без нагрузки в заданном диапазоне температур. После того как на актюатор помещали калиброванный грузик, печь нагревали и каждые 25 градусов производили фотофиксацию уровня деформации. После остывания печи и возвращения актюатора в изначальное положение процесс повторяли для грузиков другой массы.

Результаты: в результате проведения серии экспериментов была установлена зависимость деформации хвостовика термоактюатора при одновременном воздействии варьируемых нагрузок и температуры, характеризующаяся линейной линией тренда. Сравнение с известными данными показывает, что актюаторы способны выдерживать нагрузки по весу в десятки раз больше собственного, и при этом не испытывать необратимые деформации, нести полезную нагрузку [2, 3]. При отсутствии нагрузки и оставании термоактюатор возвращается в исходное состояние, что свидетельствует об упругих деформациях. Полученные данные свидетельствуют о работоспособности термомеханических актюаторов при повышенной температуре при нагрузке от 0,11 до 0,34 г. Результаты могут служить основанием при выборе оптимальной конструкции микроробототехнических систем космического назначения, а также для дальнейшего изучения деформационных свойств актюаторов.

Список используемых источников:

1. A. Zhukov, N. Bolotnik, V. Chashchukhin. A walking robot with thermomechanical actuators for inspection of photoelectric cells of solar arrays for spacecraft. Robots in Human Life. Ed. V. Gradetsky, M. O. Tokhi et al. CLAWAR 2020: 23rd Int. Conf. on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines, M., Russian Federation, 24–26 Aug. 2020. 440 p. P. 247–252
2. Ф.В. Васильев, А.А. Жуков, М.А. Коробков. Характеристики упругости миниатюрного термомеханического актюатора шагающего микроробота. Сб. тезисов 32-й МНТК «ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ РОБОТОТЕХНИКА». — С. — Петербург: ООО «РА ФОРТУНА», 2021. — 200 с., С. 41–43
3. А.А. Никитин, А.А. Жуков. Сравнительная оценка упругих характеристик полиимидной пленки и термомеханического актюатора на основе полиимида Сб. тезисов работ МНТК XLIX Гагаринские чтения 2023. — М.: Издательство «Перо», 2023. 954 с. С. 580–581

Направление №6 Робототехника, интеллектуальные системы и авиационное вооружение

Секция №6.1 Роботизация

Модель роботизированного комплекса мониторинга окружающей среды

Белобородов Е.О.

Научный руководитель — Качалин А.М.

МАИ, Москва

Мониторинг окружающей среды имеет большое значение для оценки состояния экосистемы и выявления загрязнений в опасной зоне. С развитием технологий появилась возможность более точно проводить мониторинг окружающей среды.

Робототехнические комплексы играют важную роль в мониторинге окружающей среды, так как могут использоваться для сбора и анализа данных в опасных и труднодоступных местах без физического присутствия человека, поэтому было решено разработать модель роботизированного комплекса на основе гусеничной платформы. Для передвижения гусеничной платформы используется 2 привода, каждый из которых состоит из мотора, редуктора и тахометра. Для захвата и перевозки предметов из загрязненной зоны было принято решение оснастить роботизированный комплекс манипулятором с 5-ю степенями свободы и контейнером. Манипулятор приводится в движение 5-ю сервоприводами.

Для проведения визуального осмотра обстановки вокруг платформы было решено использовать видеокамеру на подвижном механизме. Определение точного положения в пространстве и предотвращение столкновения с препятствиями осуществляется за счет системы ГЛОНАСС и датчиков расстояния. В качестве анализатора окружающего воздуха и воды роботизированный комплекс оснащается:

- Датчиком температуры, влажности, давления воздуха
- Датчиком углеводородных газов MQ-2
- Датчиком угарного газа MQ-9
- Датчиком концентрации солей в воде с механизмом опускания в жидкость

Управляющей системой является плата на базе микроконтроллера STM32, которая связывается с пультом посредством приемопередатчика LoRa, позволяющим управлять платформой на расстоянии до 3 км. Передача изображения с видеокамеры осуществляется с помощью мини-компьютера raspberry pi и Wi-Fi модуля. Питание электроники на платформе происходит литий-ионными аккумуляторами (в количестве 6-и штук).

Для дистанционного управления платформой было принято решение сконструировать пульт, состоящий из управляющей платы, элементов управления, 2-х дисплеев: для отображения информации с датчиков и для отображения видео с камеры, приемопередатчика LoRa, модуля Wi-Fi и литий-ионных аккумуляторов (в количестве 2-х штук).

Подобные комплексы уже существуют, например, мобильный робот T5 Экобот, осуществляющий контроль качества воздуха. На нем установлен газоанализатор, позволяющий измерять концентрации различных веществ в воздухе, температуру, давление, влажность, направление и скорость ветра.

Особенностью моей разработки является наличие манипулятора с контейнером для перемещения предметов из опасной зоны и их более глубокого анализа; наличие системы анализа жидкости.

В перспективе планируется использование алгоритмов компьютерного зрения для распознавания объектов с камеры и системы навигации, что позволит сделать роботизированный комплекс автономным при выполнении задач. Детали комплекса, где

требуется высокий уровень прочности, планируется изготавливать из композиционных материалов.

Таким образом, данный роботизированный комплекс позволит проводить мониторинг окружающей среды на постоянной основе с использованием системы навигации.

Список используемых источников:

1. Роботы для мониторинга окружающей среды: эффективные инструменты для контроля и охраны природы // Научные Статусы.Ру — портал для студентов и аспирантов. — Дата последнего обновления статьи: 30.11.2023. — URL: <https://nauchniestat.ru/spravka/roboty-dlya-monitoringa-okruzhayushhej-sredy/>

2. Мобильный робот мониторинга атмосферного воздуха и радиационного контроля // СМП Роботикс. URL: <https://www.smprobotics.ru/produksiya/robot-ekologicheskogo-monitoringa-zagryazneniya/>

Разработка и исследование макета двухканального шарнирного исполнительного механического привода

Гудков Д.А., Ермаков Д.П., Мартенюк Н.Е.

Научный руководитель — к.т.н. Подшибнев В.А.

МАИ, Москва

В настоящее время широкое распространение в различных областях техники получили механизмы, обеспечивающие перемещение объекта управления с несколькими степенями подвижности. На этом основании разработка и исследование шарнирных механизмов, которые имеют две степени подвижности, является актуальной задачей. При этом эти механизмы должны быть компактны, надежны и иметь простую систему управления. В том числе такие механизмы могут найти применение в системах управления летательными аппаратами (ЛА), а точнее в загрузочных устройствах (ЗУ) активных боковых ручек управления ЛА (АБРУ).[1]

Известно множество сложных конструкций ЗУ с низкой надежностью из-за возможности заклинивания редуктора или исполнительного двигателя [2]. Авторами предложено использовать оригинальную конструкцию двухканального шарнирного исполнительного механического привода на основе фрикционной передачи.

В ходе работы была составлена функционально-кинематическая схема и разработана конструкция исполнительного механизма, изготовлен его макет методом 3D-печати. Конструкция содержит в себе два мотор-редуктора постоянного тока с параллельным расположением валов, дифференциал на основе планетарной передачи с двухрядным сателлитом, входными звеньями которой являются центральное колесо и водило, кинематически связанные с валами электродвигателей через цилиндрические зубчатые передачи. Входное центральное колесо планетарной передачи и сателлит первого ряда выполнены в виде конического ролика, а выходным звеном планетарной передачи является шар жестко связанный с ним выходным валом, поджатый к коническому ролику. Также шар с противоположной стороны от выходного вала жестко соединен с механизмом обратной связи на основе двух потенциометрических датчиков.

С помощью разработанного макета было исследовано пространственное движение выходного звена механизма при поочередной и совместной работе двигателей без внешней нагрузки и с внешней нагрузкой.

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании высоконадежных шарнирных механизмов, таких как приводы-манипуляторы, активные ручки управления, биотехнические протезы.

Список используемых источников:

1. Гудков Д.А., Ермаков Д.П., Мартенюк Н.Е. О построении высоконадежного активного загрузочного устройства органа управления летательным аппаратом [Электронный ресурс] // сборник аннотаций конкурсных работ XV Всероссийского межотраслевого молодежного

конкурса научно-технических работ и проектов в области авиационной и ракетно-космической техники и технологий. Москва, 2023. С. 117–118. Режим доступа: https://mforum.mai.ru/files/2023_abstracts.pdf

2. Макарин М. А. Исследование кинематики, динамики и рабочих процессов активной боковой ручки управления самолётом: дис. канд. техн. наук: 05.02.02 // Макарин Михаил Александрович. — М., 2017. — 119 с.

Определение типа грунта подстилающей земной поверхности при осуществлении посадки БВС вертолётного типа

Ермаков П.Г.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Евдокименков В.Н.

МАИ, Москва

В предыдущих исследованиях автора [1, 2] были рассмотрены алгоритмы удовлетворения требований международной организации гражданской авиации (ИКАО) к необорудованным вертодромам с помощью использования цифровой карты местности (ЦКМ). Настоящая работа будет посвящена задаче определения пригодности потенциального места посадки беспилотного воздушного судна (БВС) вертолётного типа по предельному значению твердости грунта — 3 кгс/см^2 .

Для определения твердости грунта необорудованного вертодрома предлагается использовать георадар на борту БВС вертолётного типа. Георадар представляет из себя радиолокационную систему с частотой излучения э-м волны порядка 10 МГц — 2 ГГц . С недавнего времени для построения профиля почвы и поиска захороненных объектов на труднодоступных и обширных территориях используются мобильные георадары, которые устанавливаются на БВС. Задачу определения твердости грунта вертодрома представим как задачу классификации типа грунта необорудованного вертодрома на основе обработки вычисляемой георадаром диэлектрической проницаемости грунта и скорости распространения электромагнитной волны в нем. На основе функциональной зависимости данных величин для построения функции классификации предлагается использовать нейросетевой подход. В качестве архитектуры нейронной сети рассматривается двухслойный перцептрон, на вход которого поступают обозначенные выше признаки класса, а выходом нейронной модели является ответ на принадлежность данных признаков к одному из двух классов (0 — грунт подходит для осуществления посадки; 1 — грунт НЕ подходит для осуществления посадки). Здесь стоит отметить важное ограничение при дистанционном зондировании земной поверхности георадаром — рекомендуемая предельная дальность до грунта должна быть не более длины электромагнитной волны георадара [3] для проведения корректного зондирования почвы. С учетом данного положения в данной работе дополнительно рассмотрен вопрос счисления высоты БВС вертолётного типа при осуществлении посадки.

В качестве корректора бесплатформенной инерциальной навигационной системы был выбран лазерный высотомер (ЛВ) с заявленной предельной ошибкой вычисления дальности до препятствия 10 см . Для получения комплексной высоты БВС вертолётного типа над земной поверхностью была выбрана слабосвязанная схема комплексирования навигационных данных на основе фильтра Калмана. С учетом наличия кратковременных аномальных значений (всплесков) в данных ЛВ предлагается осуществлять коррекцию навигационных параметров воздушного судна не только при синхронизации навигационных систем как при реализации традиционной слабосвязанной схемы комплексирования [4], но и при удовлетворении следующего условия: абсолютное значение разности высот БВС вертолётного типа по ЛВ с текущего и предыдущего тактов его работы не должно превышать порога, зависящего от скороподъемности воздушного судна и предельной ошибки вычисления дальности лазерным высотомером до объекта.

Проведенное имитационное моделирование работы нейросетевого алгоритма классификации грунта необорудованного вертодрома на основе использования открытых

данных о зондировании почвы георадаром со 100 МГц частотой излучения электромагнитной волны показало, что вероятность правильной классификации грунтов, подходящих для осуществления посадки составляет более 99,96 %.

Тестирование алгоритма счисления высоты БВС вертолетного типа происходило на основе обработки данных летных экспериментов. Точностные характеристики ошибки определения высоты БВС вертолетного типа при выполнении посадки составили (усредненные значения): математическое ожидание ошибки определения высоты БВС вертолетного типа: 7,1 см; среднеквадратическое отклонение ошибки определения высоты БВС вертолетного типа 9,2 см; верхнее предельное отклонение ошибки определения высоты БВС вертолетного типа: 23,5 см; нижнее предельное отклонение ошибки определения высоты БВС вертолетного типа: –32,1 см. Стоит также отметить, что ошибка определения высоты БВС вертолетного типа при осуществлении посадки остается в пределах ± 30 см (3 категория посадки ИКАО) с вероятностью более 95%.

Список используемых источников:

1. Ермаков П.Г., Евдокименков В.Н., Гоголев А.А. Определение угла наклона необорудованной посадочной площадки беспилотного воздушного судна вертолетного типа на основе информации цифровой карты местности // Труды МАИ. 2023. № 132.
2. Евдокименков В.Н., Ермаков П.Г., Гоголев А.А. Построение оптимального маршрута облета необорудованных вертодромов. 2023.Т. 20, № 12. С. 03–10. DOI: 10.14489/vkit.2023.12.pp.003-010.
3. GPR on a Drone. URL: <https://www.xyht.com/aerialuas/gpr-on-a-drone/>
4. Красильщиков М.Н., Серебряков Г.Г. Современные информационные технологии в задачах навигации и наведения беспилотных маневренных летательных аппаратов. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 556 с.:ил.

Проектирование трёхкоординатного устройства определения положения центра масс малогабаритных БПЛА и подводных необитаемых аппаратов (дронов)

Ефремов А.С., Балабанова В.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Юрьев А.И.

МАИ, Москва

Назначение устройства: определение в трехмерной системе координат фактического положения центра масс (ЦМ) беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и необитаемых подводных аппаратов (НПА) с целью достижения оптимальной балансировки, обеспечивающей равномерную нагрузку на подъемные и корректирующие двигатели, а также место расположения балансировочных грузов для достижения этого. Отличительным признаком разрабатываемого устройства является способность производить измерение сразу по трём координатам, а также снимать инерционные характеристики относительно оси Z за один установ исследуемого объекта, что позволяет значительно сократить время в случае серийного и мелкосерийного производства или обеспечить оперативный ремонт, в случае практического применения.

Устройство представляет собой цилиндрическую конструкцию с подвижной (вращающейся) рабочей платформой на тензодатчиках, лазерным указателем и пультом управления с жидкокристаллическим дисплеем. На дисплее отображается информация в цифровом виде о действительном положении центра масс объекта. Лазерные указатели, размещённые на поворотной консоли визуализируют положение ЦМ, а также, в случае необходимости, место размещения и требуемая масса балансировочных грузов. Данное устройство может работать как от сети, так и от встроенной батареи для применения в полевых условиях.

При размещении БПЛА или необитаемых подводных аппаратов на подвижную платформу, лазерный указатель автоматически размещается над центром тяжести объекта в плоскости XY. После чего координата Z ЦМ исследуемого объекта определится посредством

поворота платформы относительно вертикальной оси. На жидкокристаллическом дисплее отображаются фактические координаты положения центра масс (ЦМ) с погрешностью 0,1 мм, а также вес объекта с точностью до 5 гр.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТРОЙСТВА

Габаритные размеры, мм: 400х400х400.

Масса, кг: 3,5.

Габариты исследуемого объекта, мм: 600х600х600.

Масса исследуемого объекта, кг: до 20.

Точность измерения положения ЦМ, мм: 0,1.

Точность измерения веса ЦМ, гр: 5.

Время измерения, с: 8...10.

Напряжение питания, В: 12.

Потребляемый ток, А: до 1.

Список используемых источников:

1. Д. Н. Щевров. Проектирование беспилотных летательных аппаратов. Изд-во Машиностроение, М., 1978.
2. А. Н. Кирилин. Дирижабли. Изд-во МАИ-Принт, М., 2013.
3. И. Б. Иконников. Самоходные необитаемые подводные аппараты. Изд-во Судостроение, Л., 1986.
4. В. С. Ястребов. Подводные роботы. Изд-во Судостроение, Л., 1977.

Оценка влияния геометрии возвратных каналов шарико-винтовых передач на их эксплуатационные характеристики

Кожевников Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Акилин В.И.

МАИ, Москва

Шарико-винтовые передачи имеют широкое применение в исполнительных механизмах приводов беспилотных летательных аппаратах (БПЛА). Шарико-винтовые передачи различаются по типу профиля резьбы и типу конструкции гайки. Передачи данного типа сложны в разработке и изготовлении, ввиду чего требуется высокий уровень квалификации конструкторско-технологического персонала предприятий-изготовителей шарико-винтовых передач.

Эксплуатационные характеристики шарико-винтовых передач во многом зависят от геометрии возвратных каналов гайки.

В ходе работы проведён сравнительный анализ различных конструкций шарико-винтовых передач с возвратными вкладышами и с сепаратором на основе результатов изготовления и опыта применения данных шарико-винтовых передач в механизмах приводов летательных аппаратов.

Проведён анализ влияния геометрии возвратных вкладышей гаек на нагрузочную способность шарико-винтовых передач. Подготовлены рекомендации к построению геометрии каналов вкладышей, а также рекомендации по выбору конструкции гайки шарико-винтовых передач в зависимости от требований, предъявляемых к шарико-винтовым передачам исполнительных механизмов приводов беспилотных летательных аппаратов.

В работе проведён сравнительный анализ конструктивных схем шарико-винтовых передач гаек с вкладышами и гаек с сепаратором. В работе обосновано применение шарико-винтовых передач с сепаратором в зависимости от требований, предъявляемых к летательным аппаратам на основе опыта применения.

Список используемых источников:

1. Жилиев И.С., Кожевников Д.А., Подшибнев В.А., Хлупнов А.Ю. Оценка влияния конструктивных параметров шариковинтовых передач различных типов на их эксплуатационные характеристики // 9-я научно-практическая конференция памяти О.В. Успенского.

2. Абдулин Р.Р., Большаков В.В., Подшибнев В.А., Рожин Н.Б., Самсонович С.Л. О результатах исследования КПД шариковинтовых передач с сепаратором // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана, Сер. Машиностроение, 2022, №2 (141), с 54–74.

Разработка роботизированной шестиконечной платформы для труднопроходимой местности

Третьякова М.Ф., Круглянкин В.С., Прокудина А.К.

Научный руководитель — Павлов О.В.

МАИ, Москва

Роботизированные платформы играют все более важную роль в различных сферах нашей жизни, от промышленности до медицины, однако, при разработке таких платформ возникает необходимость учитывать особенности конкретной задачи и условия её выполнения.

Труднопроходимая местность часто представляет серьезные вызовы для обычных колесных или гусеничных платформ. В таких условиях эффективное использование роботизированных систем требует создания специализированного оборудования, которое обладает высокой проходимостью и адаптивностью к сложным условиям. Шестиконечная платформа является одним из примеров такого оборудования, которое демонстрирует высокую маневренность и подвижность в труднопроходимых условиях благодаря своей уникальной конструкции [1].

Одним из ключевых элементов разработки является машинное зрение, которое позволяет роботу распознавать и анализировать окружающую среду. Для этой цели, на платформе Raspberry Pi используется камера и алгоритмы компьютерного зрения, которые способны выбирать оптимальный путь для перемещения. Принятие решений происходит в режиме реального времени. Машинное зрение позволяет роботу «видеть» окружающую среду и распознавать препятствия. С его помощью можно обнаруживать и классифицировать объекты, определять расстояния и направления движения. Использование компьютерного зрения вместо лидара обусловлено тем, что робот должен будет успешно ориентироваться в том числе в пустынных областях (например, тундра), и в таком случае лидар будет работать хуже, чем выбранная технология. Однако, только машинного зрения недостаточно для навигации и успешного преодоления препятствий. Для этого необходимо установить инфракрасные датчики расстояния, акселерометры и определить в алгоритме способ получения данных о соприкосновении с поверхностью одной из конечностей.

Шестиконечная платформа состоит из шести независимых конечностей, каждая из которых оснащена мотором для движения и датчиками для контроля положения. Для обеспечения устойчивости платформы в труднопроходимой местности необходимо спроектировать и сконструировать механизмы подвески и амортизации. Это позволяет платформе успешно преодолевать неровности и трещины на поверхности и предотвратить потерю управления и срыв с заданного маршрута.

Одной из наиболее частых сфер применения роботизированной шестиконечной платформы может стать поиск и спасение. Робот может оперативно доставить помощь людям, находящимся в опасности, в труднопроходимых условиях, где спасатели не могут или не успевают добраться.

Список используемых источников:

1. Дамбаев, Б. Д. Реализация шестиконечного робота-манипулятора Нехарод / Б. Д. Дамбаев, Ф. В. Безручко // Информационные технологии XXI века : сборник научных трудов / Ответственный за выпуск Е.А. Шеленок. — Хабаровск : Тихоокеанский государственный университет, 2015. — С. 304–310.

Повышение эффективности человеко-машинного взаимодействия экзоскелета

Шестаков В.К.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Ермолов И.Л.
МГТУ «СТАНКИН», Москва

Часто экзоскелеты используют там, где работникам необходимо поднимать большую нагрузку, будто строительная отрасль. Экзоскелеты используют в различных сферах деятельности: промышленность, медицина и военная сфера. Существуют российские компании производящие экзоскелеты, например компания ExoAtlet [1]. В докладе приводится обзор состояния области экзоскелетов, особое внимание уделено способу построения системы управления движением. Были изучены ведущие компании разработчики и исследователи этой области.

Сформирована сравнительная характеристика основных видов управления:

механическое управление;

электромиография;

использование нейронных интерфейсов;

программное управление;

гибридные методы.

Данные способы управления могут быть адаптированы для различных потребностей пользователей экзоскелетов, начиная от медицинской реабилитации до улучшения физических возможностей или промышленного применения [2, 3]. Немаловажной частью применения экзоскелетов является его адаптация к уникальным физиологическим особенностям человека, в докладе обсуждаются способы адаптации экзоскелета к разным операторам.

Нейросетевые технологии могут позволить спроектировать такое управление, которое сможет учесть множество факторов, которые возникают при использовании экзоскелета. Благодаря развитию технологий машинного обучения и обработки сигналов экзоскелеты способны анализировать данные о движениях пользователя и принимать соответствующие решения относительно движений экзоскелета. Также оценена возможность появления управления с помощью нейронных интерфейсов, которые могут стать более распространёнными в будущем.

Список используемых источников:

1. Официальный WEB-ресурс Компании ExoAtlet; URL — <https://exoatlet.ru> (дата обращения: 22.01.2024)

2. Yamamoto R., Sasak S., Kuwahara W., Kawakami M., Kaneko F., Effect of exoskeleton-assisted Body Weight-Supported Treadmill Training on gait function for patients with chronic stroke: a scoping review // Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation

3. Rajasekaran V., López-Larraz E., Trincado-Alonso F., Aranda J., Montesano L., J. del-Ama A., L. Pons J., Volition-adaptive control for gait training using wearable exoskeleton: preliminary tests with incomplete spinal cord injury individuals // Journal of NeuroEngineering

Отборник проб воды и буй для мониторинга водоёмов

Шпилевой А.Д., Куликов И.В., Карманов С.А.

Научный руководитель — доцент, д.э.н. Метечко Л.Б.

МАИ, Москва

Отбор проб воды из водоёмов, а так же проведение замеров показателей водной среды — трудоёмкая и времязатратная задача. Чтобы провести исследование водоёма, нужно привезти к нему лодку, несколько людей. Сейчас для отбора проб нередко используются обычные вёдра на верёвках, не исключён человеческий фактор — отборщикам проб нужно погружать пробоотборники на заданную глубину и следить за температурной стратификацией. Рыбоводства тратят до 30.000 рублей в месяц для постоянного контроля за жизненно важными

показателями для рыб. Авторы предлагают робототехнические решения для мониторинга водоёмов.

Предлагается два вида отборников воды — устройств, помещающихся в рюкзак, автономно перемещающихся по водной поверхности до указанной оператором точки для забора воды на заданной глубине. Первый вид отличается меньшими габаритами (150х400х450) и погружается в воду целиком. При его эксплуатации не требуется сборки — он подходит для чистых водоёмов с глубиной до 5 метров. Второй вид устройства имеет большие габариты и должен транспортироваться в разобранном виде, но может эксплуатироваться в более сложных условиях: цветущих водоёмах, водоёмах с корягами.

В ходе работы был разработан полуавтоматический пневмогидравлический пробоотборник, используемый в первом устройстве. При его использовании отбираемая проба не смешивается с атмосферным воздухом и не меняется водоизмещение, а сам отборник получается малогабаритным. Для второго устройства с большими габаритами предлагается использовать известные из уровня техники проточные батометры.

Для рыбоводств же требуется постоянный контроль минимум двух показателей — растворённого кислорода и температуры, так как они во многом определяют поведение рыб и жизненно важны для них. Но недостаточно лишь получить данные, важно их верно интерпретировать. Поэтому в работе представляется перспективная математическая модель для анализа данных о водоёме.

Список используемых источников:

1. Р 52.24.353-2012 Рекомендации. Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод. — Введ. 2012-04-02. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) — Ростов-на-Дону, 2012. — 39 с.
2. ГСМОС/Вода. Практическое руководство. — 3-е изд. — Берлингтон, Онтарио: ЮНЕП/ВОЗ/ЮНЕСКО/ВМО, 1992. — 324 с.

Секция №6.2 Интеллектуальные системы и авиационное вооружение

Методика идентификации повреждений солнечных панелей космических аппаратов с помощью нейронной сети

Бокарев С.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Буторин В.В.

МАИ, Москва

При реализации технологических операций серийного производства космических аппаратов, приеме изделий эксплуатирующей организацией после транспортирования, подготовки космических аппаратов к запуску на орбиту возникает потребность в минимизации возникновения ошибок, связанных с человеческим фактором. Для этих целей предлагается использовать системы идентификации повреждений солнечных панелей космических аппаратов с помощью сверточной нейронной сети.

Конструкция солнечных панелей состоит из фотоэлементов, соединенных в модули. Возможны ситуации, когда фоточувствительные солнечные элементы батарей могут быть подвержены механическим или электрическим повреждениям, а также загрязнены. Чем раньше будут выявлены дефекты, тем быстрее и проще будет их исправить.

При выполнении технологических операций сборки солнечных панелей, монтаже их на космические аппараты, развертывании их на испытательных стендах целесообразно осуществлять видеосъемку указанных операций, и в полученном видеопотоке осуществлять идентификацию целостности каждой ячейки солнечной панели.

Методика идентификации повреждений солнечных панелей космических аппаратов с помощью нейронной сети заключается в том, что с помощью обученной нейронной сети происходит выявление дефектов на полупрозрачных частях фотоэлементов — трещин, сколов, загрязнений.

В начальный момент времени идентифицируется рабочее место с фотоэлементами солнечных панелей. Далее нейронная сеть начинает анализировать на кадрах видеопотока каждую ячейку фотоэлемента, производя оценку наличия дефектов, и сигнализировать о выявленных бракованных элементах.

Возможна ситуация, что размер трещин может варьироваться от очень маленьких размеров (несколько пикселей) до больших, покрывающих всю ячейку. Также возможна ситуация, когда ячейка не участвует в генерации электроэнергии из-за внешнего загрязнения, что снижает эффект по количеству вырабатываемой энергии.

Предложенная методика обнаружения дефектов также может быть использована в процессе автоматизированного и роботизированного производства космических аппаратов, а также на орбите в ходе их эксплуатации по целевому назначению при условии создания необходимых наземных и орбитальных платформ.

Использование нейронных сетей для обнаружения дефектов на солнечных батареях позволит повысить оперативность и достоверность производства и подготовки космических аппаратов к запуску, а также не допустить отказа целевых функций космического аппарата в полете из-за возможности потери электропитания от солнечных панелей.

Список используемых источников:

1. Зернов А. С., Николаев В. Д. Опыт эксплуатации солнечных батарей служебного модуля Международной космической станции // Космическая техника и технологии. — 2016. — № 1(12). — С. 29–38. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26245504> (дата обращения: 28.02.2024 г.).

2. Туровец П. К., Зубарев К. П. Исследование современных методов оптимизации работы фотозлектрических панелей в условиях эксплуатации // Components of Scientific and Technological Progress. — 2023. — № 4(82). — С. 36–43. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54153836> (дата обращения: 28.02.2024 г.).

3. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep Residual Learning for Image Recognition // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). — 2016. — P. 770–778. — DOI: 10.1109/CVPR.2016.90. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7780459> (дата обращения: 28.02.2024 г.).

Перспективы использования технологий искусственного интеллекта для моделирования процесса научения

Гребенков Д.И.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Лемтюжникова Д.В.

ИПУ РАН, Москва

Научение в общем случае определяется как процесс и результат приобретения индивидуального опыта. Существует ряд работ, посвященных описанию общих моделей научения и изучению его закономерностей. Так, в книге [1] описывается общая модель человеческой деятельности, а также ее частные случаи: действие и результат деятельности, опыт и технологии деятельности, внутреннее состояние субъекта деятельности и используемые ресурсы. Предлагается общая вероятностная модель, описывающая формирование и освоение индивидуального, коллективного и общественного опыта на различных уровнях человеческой деятельности, рассматривается ряд ее частных случаев, охватывающих многие известные в математической психологии модели научения.

С целью сбора статистических данных для построения кривых научения на основании вышеуказанных моделей в Институте проблем управления планируется организация серии коротких мастер-классов, посвященных изучению основ теории управления. В рамках этого проекта будет проводиться оценка понимания школьниками текстов по заданной теме до и после урока. В дальнейшем по собранным статистическим данным будут разрабатываться модели на основе искусственных нейронных сетей для воспроизведения процесса научения.

В настоящий момент существует множество исследований, посвящённых применению технологий искусственного интеллекта в сфере образования. Так, например, популярные сейчас генеративные модели симулируют поведение ученика для помощи учителям в получении практических навыков преподавания [2].

Для разработки этой модели можно использовать различные современные технологии из области обработки естественного языка (например, применяемые для имитации процесса общения [3]). Рассматриваются в том числе рекуррентные нейронные сети и LSTM, архитектура «Трансформер» (в частности, BERT из-за возможностей дообучения под конкретную тематику [4] и на доступном оборудовании) и популярная в наше время архитектура GPT.

Таким образом, использование искусственных нейронных сетей для моделирования процесса научения школьников предоставляет широкий простор для исследований. Одним из возможных применений данной разработки является оценка понятности текста по заданной тематике без необходимости привлечения больших групп разметчиков и экспертов.

Список используемых источников:

1. Белов М.В., Новиков Д.А. Модели деятельности (основы математической теории деятельности). — М.: Ленанд, 2021. 216 с.
2. Song D., Oh E. Y., Hong H. The Impact of Teaching Simulation Using Student Chatbots with Different Attitudes on Preservice Teachers' Efficacy // *Educational Technology & Society*. — 2022. — Т. 25. — №. 3. — p. 46–59.
3. Lin C. C., Huang A. Y. Q., Yang S. J. H. A review of ai-driven conversational chatbots implementation methodologies and challenges (1999–2022) // *Sustainability*. — 2023. — Т. 15. — №. 5. — p. 4012.
4. Gerasimenko N. A., Chernyavsky A. S., Nikiforova M. A. ruSciBERT: a transformer language model for obtaining semantic embeddings of scientific texts in russian // *Doklady Mathematics*. — Moscow: Pleiades Publishing, 2022. — Т. 106. — №. Suppl 1. — p. S95–S96.

Комплекс сбора данных для точного определения места десантирования парашютистов с использованием пристрелочного парашюта

Кашин Д.Д.

Научный руководитель — Качалин А.М.

МАИ, Москва

Парашюты являются важным и неотъемлемым элементом в различных областях деятельности. Парашюты имеют значимость сегодня в таких сферах как: спасательные службы, медицинское применение, парашютные системы безопасности, военное применение, космические исследования и т.д.

На сегодняшний день, для определения точки выброски парашютистов, используют 3 метода: «арифметический расчёт», «графический расчёт», «расчёт по пристрелочному парашюту (ленте)». Все методы, приводят к определению расчетной точки, в которой нужно покинуть самолет, чтобы прийти на нейтральном куполе в намеченный район цели.

Для осуществления первых двух методов необходимы расчётные данные по различным показателям на различных высотах, что влияет на точность вычислений. Наиболее широко распространён метод использования пристрелочного парашюта (ленты). Данный метод заключается в том, что самолет поднимается на определенную высоту, парашютист-инструктор вручную сбрасывают пристрелочный парашют с балластом (грузом), после производится приземление пристрелочного броска, в результате чего корректируется точка десантирования с определённой высоты.

На данный метод пристрелки тратится большое количество ресурсов: подготовка самолёта к взлёту, топливо, время на набор высоты, время, на приземление и наличие на борту парашютиста-инструктора, при этом есть шанс потери парашюта в сложной метеорологической обстановке. Из-за необходимости визуального наблюдения за пристрелочным парашютом очень высока вероятность получения неточных данных, таких как: время спуска, величина сноса на различных участках высоты, точность определения приземления, точного определения места десантирования.

Для решения данной проблемы предлагается технический комплекс сбора данных. Он состоит из:

- БПЛА для подъёма пристрелочного парашюта на заданную точку выброски,
- устройство сброса пристрелочного парашюта,
- полезный груз — капсула с техническим комплексом сбора данных (набором необходимых датчиков и модулей),
- наземное устройство — устройство приёма данных, передаваемых спускаемой капсулой.

Капсула оснащена набором датчиков и модулей, таких как:

- датчик метеорологических показателей (температура, влажность, атмосферное давление),
- модуль GPS (получение координат местонахождения капсулы),
- модуль SD-card (логирование всех показателей с датчиков и модулей),
- модуль радиосвязи (передача всех показателей на наземное устройство),
- модуль сотовой связи (передача gps координат в условиях потери радиосигнала).

Алгоритм работы устройства, находящегося в капсуле пристрелочного парашюта, заключается в сборе данных с датчиков (метеорологических показателей, координат нахождения устройства). На протяжении всего времени сбора данных, происходит их запись на CD-карту памяти. Параллельно происходит их отправка на наземное устройство оператора по радиоканалу. Дублирует отправку данных о местоположении капсулы модуль сотовой связи. Наземное устройство принимает данные, отправленные капсулой по радиоканалу, и дублирует запись всех показателей.

В результате работы комплекса, оператор получает данные различных показателей на различных высотах. Далее данные обрабатываются через специальную программу для построения 3D траектории полёта капсулы после сброса её в назначенной точке.

Данный комплекс позволяет увеличить точность корректировки точки десантирования парашютистов, получение дополнительных данных на различных высотах, построении наглядной траектории полёта капсулы.

Список используемых источников:

1. <https://lektsia.com/3x55c4.html> — Основы теории прыжков с парашютом, способы их выполнения
2. <http://wiki.amperka.ru/projects:flight-recorder> — Бортвой самописец на Arduino Mega
3. <https://alexgyver.ru/lessons/> — Уроки Arduino и робототехники

Система наведения сложного технического объекта управления на основе нейросетевого алгоритма автоматического распознавания наземных целей

Нерсисян Д.Г., Карпов В.В., Алашкин А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Балаян С.Т.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

В настоящее время в рамках выполнения боевых задач отмечено, что дальность пуска сложного технического объекта управления (СТОУ), оснащённого телевизионной головкой самонаведения (ТВГСН), недостаточно велика, в связи с чем возникает необходимость входа воздушного судна (ВС) в зону действия системы ПВО противника, что, в свою очередь, создаёт потенциальную угрозу потери ВС, а также жизни членов экипажа.

Таким образом, выявлены недостатки существующего корреляционного метода:

1. Необходимость визуального контакта с типовой наземной целью (ТНЦ) оператором, что определяет малую дальность пуска изделия.
2. Время пребывания ВС в зоне действия ПВО противника более 10 секунд.
3. Обнаружение и распознавание ТНЦ оператором ВС требует длительного времени, более 10 секунд.
4. Вероятность поражения ТНЦ не превышает 0,54.

Система наведения СТОУ на основе нейросетевого алгоритма предназначена для автоматического поиска, обнаружения и распознавания ТНЦ. Сравнивая корреляционный (существующий) метод наведения СТОУ с ТВГСН на ТНЦ, использование разработанного (нейросетевого) алгоритма заменяет действия оператора ВС с момента получения изображения цели на изображении участка местности многофункционального индикатора, причем время на принятие решения минимально и составляет 0,04 секунды. Это позволит осуществить пуск на расстоянии 30 и высоте пуска 5 километров при непосредственном увеличении вероятности поражения ТНЦ с 0,54 до 0,72.

После входа ВС в зону разрешённого пуска СТОУ происходит формирование общих особых точек на эталонном и текущем изображениях, с помощью которых в автоматическом режиме распознаётся образ ТНЦ, после чего рассчитываются координаты центра перекрестия прицеливания. По мере приближения СТОУ к цели происходит обновление эталонного изображения через каждые 0,08 секунды с помощью разработанного нейросетевого алгоритма, что обеспечивает надёжность захвата цели.

Таким образом, наведение СТОУ с ТВГСН на цель с помощью нейросетевого алгоритма происходит без вмешательства оператора ВС, что позволяет:

- увеличить дальность пуска СТОУ с ТВГСН;
- повысить вероятность поражения ТНЦ;
- сократить время нахождения ВС в зоне действия ПВО противника;
- снизить загруженность экипажа ВС по пуску СТОУ.

На работу получены один патент на изобретение [1], одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ [2].

Список используемых источников:

1. Патент на изобретение № 2775510 Российская Федерация. Опубликовано: 16.05.2022 г. Способ функционирования адаптивной системы управления процессом наведения сложных

объектов и устройство для его осуществления / Балаян С.Т. Заявка № 2021115912 от 01.06.2021.

2. Нерсисян Д.Г., Балаян С.Т., Карпов В.В., Алапыкин А.С. Программный комплекс полунатурного моделирования полёта управляемой авиационной ракеты класса «воздух-поверхность» малой дальности, оснащенной телевизионной головкой самонаведения // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023687325; заявл. 20.11.2023 года; регистр. 13.12.2023 года.

Создание 2D карт местности на основе аэрофотоснимков

Оганесян О.А., Саакян В.Р., Киракосян Л.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Асатрян Д.Г.

Российско-Армянский университет, Ереван, Армения

Проект разрабатывает систему для создания и обновления 2D-карт местности, используя аэрофотоснимки, собранные из множества источников, включая беспилотные летательные аппараты, спутники и авиационные средства. Основная цель — обеспечение точного и динамичного картографирования для различных прикладных задач. Проект состоит из нескольких шагов:

1. Сбор и хранение данных

На первом этапе проекта собранные аэрофотоснимки систематически загружаются в базу данных. Эта база данных спроектирована для хранения больших объемов геопространственных данных с высокой степенью детализации, включая временные метки и географические координаты каждого снимка и другие метаданные. Эффективное управление данными обеспечивается через использование передовых технологий баз данных, что позволяет быстро обрабатывать запросы и извлекать необходимую информацию для дальнейшей обработки.

2. Обработка изображений: Stitching и Georeferencing

Обработка данных начинается с процесса "stitching", или объединения изображений, в ходе которого отдельные снимки соединяются в единый панорамный обзор местности с помощью разработанного алгоритма. Этот процесс требует точной калибровки и коррекции для обеспечения бесшовности и целостности получаемого изображения.

Следующим этапом является геопривязка, которая заключается в присваивании каждому фрагменту изображения точных географических координат. Этот процесс осуществляется через использование GPS-данных и может включать сравнение с уже существующими картами. Для максимальной точности процесс включает использование наземных контрольных точек (Ground Control Points, GCP), для чего разработан специальный алгоритм, исключаящий необходимость ручного выбора этих точек. Это обеспечивает повышение точности геопривязки изображений к местности.

3. Создание карт с помощью GIS

После завершения процесса обработки, изображения загружаются обратно в базу данных. Для создания карт на основе этих обработанных данных применяется геоинформационная система QGIS. QGIS подключается к базе данных, извлекает необходимые геопространственные данные и использует их для генерации точных картографических материалов. В этом процессе ключевую роль играют GPS-данные и результаты геопривязки, которые обеспечивают точное позиционирование карт на глобальной карте мира. После чего полученные карты сохраняются по версиям и могут передаваться через QGIS-Server другим пользователям при необходимости.

4. Применение и полезность

Разработанная система обладает широким спектром применений, например обнаружение и анализа изменений на территориях или создание 3D моделей на основе 2D карт.

В целом, проект вносит вклад в развитие геопространственных технологий, предлагая комплексный подход к сбору, обработке и визуализации аэрофотоснимков для создания точных и актуальных карт местности.

Список используемых источников:

1. Real-time and automatic map stitching through aerial images from UAV / J N Goh, S K Phang and W J Chew //15th International Engineering and Computing Research Conference (EURECA 2021), 2021.
2. G. Dombrovskaya, B. Novikov, and A. Beylikova, Оптимизация запросов в PostgreSQL, пер. с англ. Д. А. Беликова. М.: ДМК Пресс, 2022. 278 с.
3. QGIS Development Team, QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project, [без даты]. Доступно по: <http://qgis.org>

Интеллектуализированная система управления полётом космического аппарата

Румянцев Н.В.

Научный руководитель — к.т.н. Павлов Д.В.

ПАО «РКК «Энергия», Королёв

В работе предлагается интеллектуализированная система контроля управления полетом космического аппарата (КА), реализующая три основных процесса управления: поиск аномалий, классификация нештатных ситуаций (НШС) и прогнозирование состояния КА. Предлагаемая система основывается на вычислительном интеллекте с использованием искусственных нейронных сетей ИНС.

При работе с ИНС выделяют 2 этапа. На этапе обучения выполняется создание искусственных нейронных сетей, осуществляется подготовка обучающих и тестовых наборов данных, проводится обучение и тестирования нейронных сетей. На этапе анализа решается задача контроля, диагностики и прогнозирования технического состояния КА по данным телеметрической информации (ТМИ), поступающей в сеансах связи.

Предлагаемая система анализа ТМИ предусматривает взаимодействие специалиста управления полётом и компьютерного приложения, основанного на искусственных нейронных сетях. Приложение в реальном времени формирует результаты анализа ТМИ, а специалист управления полётом принимает решение о необходимых действиях на основании своих знаний и практического опыта.

Для поиска и классификации НШС используется гибридная нейронная сеть LSTM автоэнкодер. Использование гибридной ИНС позволяет учитывать, как пространственные, так и временные зависимости в данных. Нейронная сеть обучается на обучающем наборе данных с использованием методов оптимизации, таких как стохастический градиентный спуск или его вариации. В процессе обучения модель настраивает свои параметры (веса и смещения) таким образом, чтобы минимизировать функцию потерь, которая измеряет разницу между предсказаниями модели и истинными метками классов.

Тестирование системы проводилось на системе энергоснабжения транспортного корабля. При формировании обучающей и тестовой базы данных использовалась реальная и модельная ТМИ, так как НШС на КА являются редким событием и сформировать репрезентативный набор данных только на реальной телеметрии не представляется возможным. По результатам тестирования система определила и классифицировала 98% НШС.

Применение нейросетевой модели Faster R-CNN в задаче детекции дорожных знаков

Сазонтов И.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Рыбаков К.А.

МАИ, Москва

В наше время все быстрее развиваются системы обеспечения безопасности в городе на основе искусственного интеллекта. Они часто подразумевают автоматическое управление дорожным движением. Для таких систем очень важно верно осуществлять детекцию дорожных знаков. Эта задача заключается в обнаружении и классификации различных дорожных знаков на изображениях или видео. Обнаружение осуществляется посредством

прогнозирования ограничивающей рамки, т.е. прямоугольной границы, в которой должен находиться объект на изображении.

Модель Faster R-CNN — это одна из самых популярных и эффективных моделей для обнаружения объектов на изображениях [1, 2]. Отметим, что ранее задача детекции дорожных знаков решалась на основе нейросетевой модели YOLOv7 [3].

Основные этапы работы Faster R-CNN:

1. Извлечение признаков: сначала изображение проходит через предварительно обученную сверточную нейронную сеть, чтобы извлечь признаки.

2. Region Proposal Network (RPN): RPN предлагает прямоугольные области на изображении, где могут находиться объекты. RPN использует сверточные слои для вычисления оценок вероятности и корректировки координат прямоугольных областей.

3. Region of Interest (ROI) Pooling: после получения предложений от RPN, используется операция ROI Pooling для преобразования различных размеров областей в фиксированный размер, который может быть обработан последующими слоями сети.

4. Классификация и регрессия: фиксированные области проходят через дополнительные сверточные слои для классификации объектов и регрессии для точной коррекции координат обнаруженных объектов.

На измененном датасете Russian Traffic Sign Dataset [4] была обучена модель. Рассматриваемый датасет является набором данных, который содержит собранные на территории России изображения дорожных знаков. Он используется для задач детекции и классификации дорожных знаков с помощью компьютерного зрения и машинного обучения. Всего в датасете представлено около 60 000 фотографий российских дорог при разных погодных условиях и разном времени суток. В ходе предварительной обработки данных из датасета были исключены малочисленные классы и задача детекции решалась для 12 различных дорожных знаков.

В результате проделанной работы получено достаточно высокое качество детекции. Модель может путать знак с номером 2.1 и фон, утверждая, что данный знак присутствует на изображении, а на самом деле его нет: вероятность такой ошибки равна 0.28. Также модель не обнаруживает знаки с номерами 3.27 и 3.15.3 с вероятностями 0.35 и 0.26. Остальные 9 знаков обнаруживаются с вероятностью около 0.99. Модель хорошо отличает знаки друг от друга. Улучшить данные показатели можно с помощью увеличения обучающей выборки.

Список используемых источников:

1. Ren S., He K., Girshick R., Sun J. Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks // IEEE PAMI. — 2017. Vol. 39. No. 6. P. 1137–1149.

2. Li W. Analysis of object detection performance based on Faster R-CNN // J. Phys.: Conf. Ser. — 2021. Vol. 1827. — 012085.

3. Сазонтов И.Ю. Применение нейросетевой модели YOLOv7 в задаче детекции дорожных знаков // Гагаринские чтения — 2023. XLIX Межд. мол. науч. конф.: Тез. докл. — М.: Изд-во «Перо», 2023. — С. 525–526.

4. Russian Traffic Sign Dataset [Электронный ресурс] // URL: <https://www.kaggle.com/datasets/watchman/rtsd-dataset> (дата обращения: 22.02.2024).

Моделирование боевых действий разнородных групп с переменной структурой

Уртаев И.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ивенин И.Б.

МФТИ, Москва

Развитие интеллектуальных систем оружия, беспилотных (БПЛА) и пилотируемых (ПЛА) летательных аппаратов, которые в процессе боевого применения могут объединяться в постоянные или временные разведывательно-ударные контуры, определило необходимость исследования авиационных боевых систем, которые можно классифицировать как разнородные многоагентные авиационные боевые системы с переменной физической и

интеллектуальной структурой. Причем, под физической структурой понимается морфология (состав) разнородной системы, а под интеллектуальной структурой понимается распределение интеллектуальных задач между элементами системы.

В настоящее время делаются первые попытки моделирования, исследования поведения и оптимизации управления такими системами.

В качестве объекта исследования рассматривается разнородная разведывательно-ударная группа, состоящая из пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов, способных решать некоторые функциональные и интеллектуальные задачи.

Предлагается декомпозиционный подход, при котором разнородная группа рассматривается как агрегированная тактическая единица, функционирование которой описывается некоторой процессной схемой и общими фазовыми координатами, а физическая и интеллектуальная структуры разнородной группы на каждом этапе боевого применения описываются соответствующими графами состояний.

В соответствии с принятой декомпозицией для исследования поведения разнородной многоагентной системы с переменной структурой необходима иерархическая система моделей.

Функционирование разнородной группы может быть описано, например, на основе методов динамики моментов и системной динамики [1, 2].

Динамика физической структуры может быть описана, например, дискретным марковским процессом.

Интеллектуальная структура разнородной группы может быть описана по аналогии с генетическими алгоритмами хромосомой, представляющей набор генов, определяющих ответственность агента за каждую задачу на каждом этапе боевого полета и решения задач.

Таким образом, моделирование разнородной группы сводится к параллельному взаимосвязанному моделированию процесса функционирования агрегированной тактической группы и процессов изменения физической и интеллектуальной структуры.

Список используемых источников:

1. Венцель Е.С. Исследование операций. — М.: Советское радио, 1972. — 552 с.
2. Павловский Ю.Н. Имитационное моделирование./Ю.Н. Павловский, Н.В. Белолетов, Ю.И. Бродский. — М.: Академия, 2008. — 234 с.

Безопасность полётов в эпоху ИИ: анализ причин авиакатастроф и стратегии увеличения безопасности полётов

Филаретова А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Беляева Ю.А.

МАИ, Москва

Авиация является одной из важных и прогрессивных отраслей человеческой деятельности, но и одной из самых опасных. Хотя авиакатастрофы происходят относительно редко, но имеют огромные последствия для жизни и здоровья людей, вызывают большой интерес и тревогу общественности. Поэтому вопрос безопасности полетов является одним из приоритетных в современной авиации.

Основной причиной авиакатастроф, по данным исследований, является человеческий фактор, который включает в себя ошибки пилотов, недостаточную подготовку, усталость, стресс, давление, отвлечение, а также взаимодействие с автоматизированными системами. По оценкам экспертов, около 80% авиакатастроф происходят по вине человека. В связи с этим, в авиации активно развивается и применяется искусственный интеллект (ИИ), который может помочь уменьшить вероятность возможных авиакатастроф, а также повысить эффективность, экономию, качество и экологичность полетов.

В настоящее время ИИ используется в авиации в различных областях, таких как планирование полетов, управление воздушным движением, обслуживание и ремонт, анализ данных, обучение и тренировка, а также в системах автопилота. Однако, несмотря на преимущества ИИ, существуют и недостатки, такие как сложность разработки, тестирования

и сертификации, недостаток квалифицированных специалистов, проблемы с этикой, юридической ответственностью и доверием, а также потенциальные угрозы безопасности и кибератак. Кроме того, встает вопрос о возможности и целесообразности перехода к полностью беспилотным самолетам, которые не будут требовать участия человека в управлении.

Сравнение работоспособности искусственного интеллекта и пилотов по различным показателям показывает, что ИИ может превосходить человека в некоторых аспектах, таких как скорость, точность, объем и анализ информации, а также в способности адаптироваться к изменяющимся условиям и принимать оптимальные решения. Однако, ИИ все еще не может полностью заменить человека в управлении самолетом, поскольку ИИ не обладает такими качествами, как творчество, интуиция, эмоции, мораль, этика и коммуникация. Также существуют технические, экономические и социальные препятствия для внедрения полностью беспилотных самолетов, такие как отсутствие работающей технологии, высокая стоимость создания и обслуживания, недостаток нормативно-правовой базы, а также низкий уровень доверия и принятия со стороны пассажиров, пилотов и общественности.

В связи с этим, в данной работе предлагается идея симбиоза между человеком и ИИ в управлении самолетом, которая заключается в том, что во время нормальных и внештатных ситуаций ИИ будет анализировать состояние и действия пилота, а также давать ему подсказки и рекомендации по оптимальному поведению. Такой подход позволит избежать туннельного эффекта, когда пилот сосредотачивается на одной задаче и игнорирует другие важные факторы, а также улучшить координацию и сотрудничество между пилотом и ИИ. Для реализации такой идеи необходимо использовать компьютерное зрение, которое будет определять мимику, жесты и взгляд пилота, а также ИИ, который будет интерпретировать эти данные и давать обратную связь пилоту через голосовой интерфейс, графический дисплей или вибрационный сигнал. Таким образом, симбиоз между человеком и ИИ в управлении самолетом может способствовать повышению безопасности полетов в эпоху ИИ.

Список используемых источников:

1. Долгов, Е. Н. Искусственный интеллект для управления летательными аппаратами / Е. Н. Долгов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2021. — № 16 (358). — С. 81–86. — URL: <https://moluch.ru/archive/358/80126/> (дата обращения: 25.01.2024).
2. Искусственный интеллект в авиационной безопасности: применение, анализ данных и прогнозирование аварий // Научные Статьи.Ру — портал для студентов и аспирантов. — Дата последнего обновления статьи: 11.11.2023. — URL <https://nauchniestati.ru/spravka/iskusstvennyj-intellekt-v-aviacionnoj-bezopasnosti/> (дата обращения: 05.02.2024).
3. Международная организация гражданской авиации. Документы по безопасности [Электронный ресурс]. URL: https://www.icao.int/safety/Documents/ICAO_SR_2023_20230823.pdf (дата обращения: 08.02.2024).
4. Кричевский С.В. История безопасности полетов: методология, опыт, перспективы // Научный вестник МГТУ ГА. 2023. Т. 26, № 2. С. 8-17. (дата обращения: 15.02.2024).

Направление №7 Математические методы в аэрокосмической науке и технике

Секция №7.1 Теория управления и оптимизация

Сравнительный анализ множеств достижимости при использовании различных методов дискретизации линейной системы

Вуксанович С.М.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Ибрагимов Д.Н.

МАИ, Москва

При рассмотрении задач, в решении которых используются линейные системы, возникает потребность в проведении дискретизации, обусловленная наличием ограничений, накладываемых на систему. По этой причине изучаются различные способы приведения системы из непрерывного состояния в дискретное.

Классический подход дискретизации основан на использовании релейного управления. В силу возможности построения точного решения линейных дифференциальных уравнений, описывающих динамику исходной непрерывной системы управления, удается построить эквивалентную ей дискретную систему. Для этого достаточно рассмотреть вектор состояния непрерывной системы в моменты смены режима управления. Однако такой подход связан с сужением множества допустимых управлений, что в свою очередь приводит к уменьшению по включению областей достижимости на фиксированном временном горизонте.

По этой причине рассматривается подход к дискретизации на основе кусочно-линейного управления. Поскольку кусочно-линейное управление является частным случаем релейного управления, то данное преобразование должно расширить множества достижимости. В результате математических преобразований были выведены соотношения, описывающие переход от непрерывного к дискретному времени в данном случае. Исходя из полученных соотношений удалось построить множества достижимости для каждого из случаев управления. Произведен их сравнительный анализ, благодаря которому получилось подтвердить то, что данный метод позволяет расширить множество достижимости.

Метод уточнения оценок оптимального значения критерия качества в задаче быстродействия для линейной дискретной двумерной системы

Гусева С.Р.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Ибрагимов Д.Н.

МАИ, Москва

В докладе обсуждается уточнение оценок оптимального значения критериальной функции задачи быстродействия для линейной дискретной двумерной системы. При решении задачи быстродействия для линейных систем с дискретным временем могут быть использованы такие общепринятые методы, как метод динамического программирования и принцип максимума.

Стандартные подходы к решению задачи базируются на применении аппарата областей 0-управляемости. Основная проблематика заключается в том, что в поставленной задаче время функционирования системы также является переменной оптимизации. При оценке или вычислении времени быстродействия для решения задачи быстродействия могут быть использованы уже стандартные методы или их модификации. Построение множеств 0-управляемости требует реализации операции сложения выпуклых компактов по Минковскому, что делает вычисление времени быстродействия с их помощью весьма трудоемкой процедурой для любых типов ограничений на управление. Данная работа заключается в выведении априорной оценки времени как функции от начального состояния и параметров системы.

Метод уточнения оценок числа шагов, необходимого системе для достижения нуля, для линейной дискретной двумерной системы с действительным спектром матрицы заключается в минимизации верхней оценки минимального числа шагов. При этом из фиксированного множества параметров, определяющих небольшие по включению вписанные прямоугольники, выбирается пара элементов, которые дают наилучший вписанный прямоугольник. Значения параметров определяются как функции, зависящие от времени, при решении алгебраического уравнения. В силу монотонности левой и правой частей уравнения для его решения может быть использован, например, метод дихотомии.

Список используемых источников:

1. Ибрагимов Д.Н., Сиротин А.Н. «О задаче быстродействия для класса линейных автономных бесконечномерных систем с дискретным временем и ограниченным управлением»// *АиТ*. 2017. № 10. С. 3–32.

2. Ибрагимов Д.Н., Новожилкин Н.М., Порцева Е.Ю. «О достаточных условиях оптимальности гарантирующего управления в задаче быстродействия для линейной нестационарной дискретной системы с ограниченным управлением»// *АиТ*. 2021. № 12. С. 48–72.

Оптимизация скорости пассажирского самолёта на этапах набора высоты, крейсерского полёта и снижения с учётом внешних атмосферных условий Иванов Б.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Неретин Е.С.

Филиала ПАО «Яковлев» «Региональные самолёты», Москва

В современных пассажирских среднемагистральных самолетах используется система самолетовождения, отвечающая за расчет, формирование и выдачу информации, необходимой для поддержания оптимальной высоты полета, траектории, оптимального профиля набора высоты и значения скорости в зависимости от выбранного лётным экипажем режима работы и плана полета. Основным режимом, который рассматривается в данной статье, является режим минимизации прямых эксплуатационных расходов на этапе крейсерского полета.

В статье приводится описание прямых эксплуатационных расходов, как связующего между динамикой движения самолета и стоимости его эксплуатации, предлагается метод нахождения аналитического выражения для расчета оптимального значения истинной воздушной скорости пассажирского среднемагистрального самолета в системе самолетовождения на этапе крейсерского полета, набора и посадки, позволяющее снизить значение прямых эксплуатационных расходов за рейс.

Аналитическое выражение представляется из себя многочлен высокого порядка, для нахождения корня которого, используется первая итерация численного метода Ньютона. Решение оптимизационной задачи найдено с использованием принципа максимума Понтрягина. Приведены необходимые и достаточные условия существования оптимального решения задачи. На основании теоремы Канторовича, рассмотрены вопросы сходимости метода Ньютона при нахождении корня многочлена высокого порядка. Описана модель удельного расхода топлива двухконтурного турбореактивного двигателя, учитывающая изменение высоты и скорости полета самолета. Для моделирования используется упрощенная модель среднемагистрального пассажирского самолета в продольной плоскости с учетом наличия скорости ветра.

Для проверки полученных результатов, решалась двухточечная краевая задача с помощью метода пристрелки и пакета прикладных программ Matlab и Simulink. Результатом работы является аналитическое выражение, которое позволяет рассчитывать необходимое значение истинной воздушной скорости пассажирского среднемагистрального самолета и учитывающее влияние внешних условий и возмущений на удельный расход топлива на всех трех основных этапах полета. Найденное значение скорости может использоваться в системе автоматического управления в форме обратной связи по состоянию.

Список используемых источников:

1. Голубева А.А., Кананадзе С.С., Куланов Н.В. Методика и результаты оптимизации этапа набора высоты в задаче вертикальной навигации самолетов гражданской и военно-транспортной авиации. Известия РАН. Теория и системы управления, 2021, № 4, с. 157–176.
2. Александров В.А., Зыбин Е.Ю., Косьянчук В.В., Сельвесюк Н.И. Оптимизация высотно-скоростного профиля крейсерского полета воздушного судна в реальной атмосфере. Автоматика и телемеханика, № 4, 2023.
3. Сосунов В.А., Чепкин В.М. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок. М.: Издательство МАИ, 2003. 693 с.: ил. ISBN: 5-7035-2347-8.
4. Гладков И.А., Кукушкин С.С. Методика оценки области сходимости метода ньютона при решении задачи определения параметров движения РН и КА. Двойные технологии №2 (43) 2008.

Система поддержки принятия решений при определении пути следования воздушного судна до места стоянки

Куншина В.М.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Маркарян А.О.

МАИ, Москва

С каждым годом количество авиарейсов увеличивается, загруженность аэропортов повышается, управление воздушными судами становится все более тяжелой и трудоемкой задачей. Центр управления аэропортом является ключевым звеном в процессе распределения воздушных судов на территории аэропорта.

За передвижение воздушного судна по перрону, взлетным полосам и рулежным дорожкам ответственными являются диспетчеры наземной службы аэропорта. Именно от них зависит, насколько быстро самолет доберется до точки назначения, и насколько это будет затратно. На выбор того или иного решения влияет огромное количество факторов: расположение самолетов на территории аэропорта, курс взлета и посадки, погодные условия и прочие факторы. В условиях сильной загруженности аэропорта, а также при плохих погодных условиях управление движением воздушного судна становится еще более трудоемкой задачей, и вопрос транспортной безопасности, требующий своевременного решения, является приоритетным [1].

Для минимизации человеческого фактора, уменьшения рисков упущения ключевых показателей в условиях высокой загруженности аэропорта актуальна разработка информационной системы, позволяющей на основании имеющихся ограничений определять путь следования воздушного судна до места стоянки.

В связи с вышеизложенным целью настоящего исследования является разработка системы поддержки принятия решений при определении такого пути.

Для достижения цели поставлены и решены следующие задачи: проведен анализ объекта исследования и существующих решений, разработано математическое обеспечение и алгоритмы системы поддержки принятия решений, проведена оценка эффективности функционирования системы [2].

Математическая модель, основанная на теории графов, позволяет подобрать наиболее подходящий путь для воздушного судна, используя сведения о расположении самолетов, их расписании, координатах приземления и обозначенных местах стоянок.

Данная разработка поможет диспетчерам владеть полной картиной происходящего и принимать решения о выборе пути воздушного судна наилучшим образом в кратчайшие сроки.

Список используемых источников:

1. В.П. Лактюшин Процедуры обслуживания воздушного движения: учебное электронное издание: Федеральное агентство воздушного транспорта (Росавиация), 2023 — 333 с.
2. Маркарян А. О. Моделирование детерминированных систем: курс лекций. — Москва: Издательский Дом НИТУ МИСИС, 2023. — 62 с.

Оптимальный по быстродействию разворот космического аппарата между точками интереса на поверхности Земли

Макаров Г.Р.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Охитина А.С.

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, Москва

В настоящее время в задачах дистанционного зондирования Земли для съемки некоторых объектов с орбиты используются малые космические аппараты (КА). Процесс съемки состоит из двух этапов — слежение за точкой интереса (непосредственно съемка) и переориентация между точками. В работе рассматривается только второй этап, от скорости выполнения которого зависит суммарное количество снятых точек интереса. Таким образом, ставится задача обеспечить быстродействие выполнения маневра переориентации КА с учетом ограничений на управляющие возможности маховичной системы управления ориентацией (кинетический момент маховиков и его изменение). Для этого в работе строится специальная опорная траектория углового движения КА при помощи сплайна [1, 2], вид которого зависит от начального кватерниона ориентации, угловой скорости и ускорения КА, его положения и скорости на орбите, а также широты и долготы точки интереса на Земле. Варьируемыми параметрами сплайна являются четыре величины, задающие вспомогательные кватернионы, время маневра, а также угол поворота вокруг оптической оси, направленной из центра масс КА на точку интереса, в конечный момент времени разворота.

Для поиска оптимальных параметров применяется безградиентный метод оптимизации — метод роя частиц (PSO, [3]) с его предварительной калибровкой на эталонных целевых функциях, схожих по свойствам с целевой функцией рассматриваемой задачи. Подобраны весовые коэффициенты, обеспечивающие наибольшую скорость сходимости метода при решении поставленной задачи.

С учетом найденной методом роя угловой траектории проведено численное моделирование в возмущенной задаче, где учитывается возмущающий гравитационный момент и случайный момент, по величине порядка гравитационного. Показано, что КА приходит в заданную ориентацию с хорошей точностью за минимальное время при заданных ограничениях.

Список используемых источников:

1. Ткачев С. С. и др. Построение опорной траектории третьего порядка гладкости углового движения космического аппарата // Математическое моделирование. 2021. Т. 33. № 10.
2. Dam E. B., Koch M., Lillholm M. Quaternions, interpolation and animation. : Citeseer, 1998.
3. Simon D. Evolutionary optimization algorithms. : John Wiley & Sons, 2013.

Вычисление асимптотической ковариационной матрицы различных оценок в модели Озаки

Масягин М.М.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Горяинов В.Б.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Введение

Современные авиа- и ракетостроение во многом полагаются на достижения теории вероятностей и математической статистики. Так, в этих сферах довольно часто можно столкнуться с задачей авторегрессии — предсказания текущего значения величины по ряду её прошлых значений. При этом подобной величиной могут быть как сила или скорость ветра [1], так и состояние критических бортовых систем самолета [2]. Для решения данной задачи используются авторегрессионные модели, в том числе и экспоненциальная авторегрессионная модель Озаки.

При обучении математической модели на тренировочных и тестовых данных важно вычислить не только её коэффициенты, но и значения их предельных дисперсий. Их рассмотрение упрощает решение задачи выбора как оценки параметров модели, так и

самой модели. Для получения предельных дисперсий может быть использована асимптотическая ковариационная матрица модели, а точнее — ее диагональные элементы.

В данной работе представлен поэтапный план вычисления асимптотической ковариационной матрицы для экспоненциальной авторегрессионной модели Озаки.

Постановка задачи

Пусть дан процесс X_t и имеется n его наблюдений: $X_0, \dots, X_{n-1}$, причём его случайная часть имеет нулевое математическое ожидание и конечную дисперсию. Этот процесс имитируется с использованием экспоненциальной авторегрессионной модели Озаки порядка p .

Рассмотрим задачу оценивания параметров модели Озаки по вектору наблюдений X_t . В качестве оценок могут быть использованы оценка наименьших квадратов или наименьших модулей, оценка функции Хьюбера или даже непараметрическая оценка.

Необходимо предложить алгоритм нахождения асимптотической ковариационной матрицы выбранной оценки в модели Озаки.

Вычисление асимптотической ковариационной матрицы

Процесс вычисления асимптотической ковариационной матрицы заданной оценки в модели Озаки может быть разбит на 6 пунктов, причём первый из них будет являться опциональным и зависеть от выбора оценки, а пятый полностью опущен при практических инженерных расчетах.

1. Рассмотрим функцию выбранной оценки и в случае ее недифференцируемости, сконструируем дифференцируемую функцию с теми же свойствами, что и исходная. Например, в случае оценки наименьших модулей, дифференцируемая функция может быть получена путем свертки исходной с последовательностью дифференцируемых функций, сходящихся в нуле к дельта-функции Дирака.

2. Аппроксимируем функцию выбранной оценки (или ее аналог в случае недифференцируемой исходной функции) путем ее разложения по формуле Тейлора в окрестности некой фиксированной точки до второго порядка включительно и явно вычислим вектор и матрицу коэффициентов разложения — вектор-столбец первых производных и матрицу Гессе вторых производных.

3. Наложим на исходную модель Озаки ограничения стационарности и эргодичности [3]. С их учётом вычислим предельные значения вектора и матрицы коэффициентов из пункта 2 при стремящейся к бесконечности длине вектора X_t . Заметим, что в основе этих значений окажутся математические ожидания первых n значения модели.

4. Найдем асимптотическое распределение точки минимума квадратичной формы, входящей в разложение по формуле Тейлора из пункта 2.

5. Покажем, что асимптотическое распределение точки минимума квадратичной формы совпадает с асимптотическим распределением точки минимума исходной функции. Тем самым покажем, что оно и является искомым асимптотической ковариационной матрицей. Отметим, что несмотря на то, что данный этап является наиболее трудоемким и сложным в теоретических изысканиях, так как требует знаний не только теории вероятностей, но и основ абстрактной алгебры, на практике он может быть опущен.

6. Получим искомую асимптотическую ковариационную матрицу заданной оценки в экспоненциальной авторегрессионной модели Озаки.

Практические наблюдения

Асимптотические ковариационные матрицы оценок наименьших квадратов, наименьших модулей и функции Хьюбера совпадают с точностью до умножения на фиксированный коэффициент. В случае оценки наименьших квадратов — это обратная величина от дисперсии случайной части процесса, в случае оценки наименьших модулей — это обратная величина от 4 квадратов значения функции плотности вероятности случайной части процесса в нуле, в случае оценки функции Хьюбера — комбинация двух предыдущих. Таким образом, для того, чтобы сравнить эффективность оценок достаточно знать лишь свойства случайной составляющей моделируемого процесса.

Заключение

В ходе данного доклада был представлен алгоритм, позволяющий получить асимптотическую ковариационную матрицу заданной оценки в экспоненциальной авторегрессионной модели Озаки. Знание этой матрицы упрощает выбор как оценки, так и самой модели при решении различных аэрокосмических и авиационно-конструкторских задач.

Список используемых источников:

1. Wang J., Zhou Q., Zhang X. Wind power forecasting based on time series ARMA model // IOP Conference Series Earth and Environmental Science. 2018. DOI: 10.1088/1755-1315/199/2/022015
2. Priyadarshini E., Florence M.V. Aeroengine gas trajectory prediction using time-series analysis auto regressive integrated moving average // Aircraft Engineering and Aerospace Technology. 2023. DOI: 10.1108/AEAT-01-2023-0018
3. Chan K.S., Tong H. On the Use of Deterministic Lyapunov Function for the Ergodicity of Stochastic Difference Equations // Advances in Applied Probability. 1985. DOI: 10.2307/1427125

Исследование возможности применения алгоритма полиэдральной аппроксимации в задаче построения множеств 0-управляемости системы управления спутником

Мохначева А.А., Герасимова К.В.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Ибрагимов Д.Н.

МАИ, Москва

При решении задачи быстродействия для линейных дискретных систем управления летательными аппаратами возникает необходимость построения множеств 0-управляемости. Если ограничения на управления являются линейными, то каждое такое множество представляет собой многогранник. При этом число его вершин растет экспоненциально в зависимости от временного горизонта. В связи с указанным фактом, работа с данными множествами становится проблематичной. По этой причине изучаются способы оптимизации по времени процедуры построения областей 0-управляемости при сохранении допустимой погрешности.

Исследована возможность и необходимость аппроксимации множеств при превышении заданного лимита по количеству вершин. Численные эксперименты показывают, что зависимость погрешности от сложности описания аппроксимирующего множества имеет гиперболический характер. То есть, упрощение множества не влечет за собой сильного уменьшения точности вычислений. При последовательной внутренней аппроксимации погрешность накапливается, но имеет приемлемую верхнюю оценку, что было получено в ходе расчетов. Такой подход позволяет построить субоптимальное управление в исходной системе на основе известных методов.

Рассмотрена задача управления движением спутника, расположенного в малой окрестности круговой орбиты. В рамках исследования изучен вопрос оптимизации времени расчетов. Была произведена дискретизация изначальной линейной трехмерной непрерывной системы для последующих вычислений и применения полученных результатов. Показана сравнительная характеристика затраченного времени на построение множеств 0-управляемости с применением аппроксимационного алгоритма и без него. В итоге, использование изложенных методов значительно сокращает время расчетов и гарантирует, что погрешность вычислений не будет превышать заданный порог.

Список используемых источников:

1. Ибрагимов Д.Н., Новожилин Н.М., Порцева Е.Ю. О достаточных условиях оптимальности гарантирующего управления в задаче быстродействия для линейной нестационарной дискретной системы с ограниченным управлением. АнТ. 2021. № 12. С. 48–72.
2. Ибрагимов Д.Н. Оптимальная по быстродействию коррекция орбиты спутника // Электрон. журн. Тр. 2017. № 94.
3. Мальшев В.В., Красильщиков М.Н., Бобронников В.Т., Нестеренко О.П., Федоров А.В. Спутниковые системы мониторинга. Анализ, синтез и управление. М.: МАИ, 2000.

Оценка вероятности столкновения небесных тел на околоземной орбите с учётом космического мусора

Пискунова Н.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Бечаснов П.М.

МГТУ им. Н.Э.Баумана, Москва

Оценка степени опасности столкновения и предотвращение столкновений становится все более важными по мере постоянного увеличения количества космических объектов на орбите.

Целью данной работы является оценка вероятности столкновения небесных тел на околоземной орбите с учетом наличия космического мусора и определение высоты орбиты, на которой отсутствует мусор, не обнаруживаемый системой слежения. Для достижения этой цели необходимо выполнить несколько задач: проанализировать существующие методы и технологии оценки вероятности столкновений небесных тел и применить их к конкретным случаям на околоземной орбите, на примере рассмотреть определение вероятности столкновения небесных тел на околоземной орбите в случае пересекающихся орбит, разработать математическую модель для расчета вероятности столкновения небесных тел очень малого размера на околоземной орбите и провести соответствующие расчеты, а также рассчитать срок существования сантиметровых обломков и определить высоту на которой они живут меньше чем, срок между авариями, их образующими.

Для предотвращения столкновения объектов и нанесения угрозы необходим комплекс методов для определения орбит тел и степени их опасности для Земли. Оценка степени опасности того или иного объекта напрямую связана с задачей определения вероятности столкновения объектов между собой. В данной работе во первых проанализирован случай, когда орбиты небесных тел пересекаются, а вероятность столкновения этих тел может быть определена путем анализа их орбитальных параметров и использования методов статистического моделирования. Для начала необходимо определить орбитальные параметры каждого тела, такие как полуоси и эксцентриситеты орбит. Затем проводится моделирование движения тел на заданном временном интервале с использованием уравнений гравитационного взаимодействия. При моделировании учитывается возможность пересечения орбит двух тел в заданном временном интервале [1].

В программе «DRAMA» были исследованы алюминиевые обломки размером до 1 см, которые не обнаруживаются системой слежения. Количество малых объектов на орбите намного превышает количество крупных объектов. Из-за более высокого потока более мелких объектов, количество столкновений увеличивается с уменьшением размера объекта [2]. Это, на самом деле, было установлено по полученным результатам расчета в программе «DRAMA». Исследование состоит из нескольких важных этапов: для определения срока существования сантиметровых обломков использовалась программа «DRAMA-OSKAR»; для моделирования потока и статистики столкновений — «DRAMA-MIDAS»; а для оценки статистики рисков событий: рассмотрение возможных требований к маневрам по предотвращению столкновений во время миссии — «DRAMA-ARES».

Таким образом, по всем полученным результатам численного расчета и графиков в ранее указанных программах сделан вывод о том, на какой высоте срок существования сантиметровых алюминиевых обломков меньше всего, и проанализированы вероятности возможных будущих столкновений.

Список используемых источников:

1. Chan, K. Collision probability analyses for earth orbiting satellites. Adv. Astronaut. Sci. 1997, с. 2–3.
2. Luke Shadbolt, Technical study space debris, HDI Global Specialty Study Space Debris 2023, с. 8–9.
3. Space Debris User Portal [Электронный ресурс] // URL: <https://sdup.esoc.esa.int/>

Субоптимальное по быстродействию управление для линейных дискретных систем на основе метода суперэллипсоидальной аппроксимации

Подгорная В.М.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Ибрагимов Д.Н.

МАИ, Москва

В докладе обсуждаются возможности применения суперэллипсоидальных аппроксимационных алгоритмов при решении задач оптимального управления для линейных дискретных систем. В частности, обсуждается вопрос построения оптимального и субоптимального по быстродействию управления (такого управления, которое переводит систему в начало координат за наименьшее время из начального состояния). Для строго выпуклых ограничений на управляющие воздействия известны необходимые и достаточные условия оптимальности траектории, полученные в виде принципа максимума [1]. Сложность использования такого подхода заключается в разрешении условий, из которых определяется начальное состояние сопряженной системы. Для эллипсоидальных и суперэллипсоидальных ограничений на управления, данные условия представляют собой систему алгебраических уравнений, которые имеют единственное решение. Данный случай удобен с точки зрения аппроксимации выпуклого множества допустимых значений начальной системы некоторым суперэллипсом. Для него задача быстродействия может быть решена аналитически [2]. В отличие от эллипсоидов, у суперэллипсов больше параметров свободы и при их использовании повышается точность аппроксимации исходного множества. Несмотря на достоинства суперэллипсоидальной аппроксимации, у данного метода есть недостаток — большая погрешность для несимметричных множеств, что обусловлено тем, что каждый суперэллипс представляет собой симметричное относительно начала координат множество.

В докладе рассматривается модификация метода суперэллипсоидальной аппроксимации за счет изменения центра суперэллипсоидального множества, что должно повысить точность аппроксимации и для несимметричных множеств. В качестве центра суперэллипса рассматривается центр масс (геометрическая точка, положение которой определяется распределением массы в теле) и Чебышевский центр (в случае ограниченного выпуклого множества является центром описанного шара минимального радиуса). В итоге аппроксимационная задача состоит из трех отдельных этапов: выбор центра суперэллипса, вычисление матрицы поворота, задающей ориентацию множества, и длин полуосей суперэллипса.

Для линейной дискретной системы были проведены численные эксперименты с учетом трех случаев выбора центра суперэллипса — исходный центр в начале координат, центр масс и Чебышевский центр. Для линейных ограничений на управление был определен центр множества, получен тензор инерции в результате численного интегрирования и проведена оптимальная суперэллипсоидальная аппроксимация. На основе вспомогательной системы был построен субоптимальный процесс в исходной задаче быстродействия. Из примеров можно сделать вывод о том, что выборы центра для несимметричных множеств дают разные результаты и не являются оптимальными решениями, а являются только аппроксимацией решения задачи, однако позволяют получить большую точность по сравнению с множествами с центром в начале координат.

Список используемых источников:

1. Ибрагимов Д.Н., Сиротин А.Н. О задаче быстродействия для класса линейных автономных бесконечномерных систем с дискретным временем и ограниченным управлением // *АиТ*. 2017. № 10. С. 3–32.
2. Ибрагимов Д.Н., Подгорная В.М. Формирование оптимального по быстродействию ограниченного управления для линейных дискретных систем на основе метода суперэллипсоидальной аппроксимации // *АиТ*. 2023. № 9. С. 37–67.

Быстродействие гибридной системы с однократным разделением объектов управления

Сабурова С.П.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Бортаковский А.С.

МАИ, Москва

Рассматривается задача быстродействия группы управляемых объектов переменного состава. Движение начинает один составной объект управления (носитель). Он движется прямолинейно с ограниченными ускорением и скоростью. В некоторый момент времени от него отделяются несколько простых объектов, которые направляются в заданные терминальные состояния (цели). Движение каждого простого объекта прямолинейное с ограниченными ускорением и скоростью, причем максимальная скорость движения простого объекта меньше максимальной скорости составного. Повороты объектов управления выполняются в момент остановки, т.е. при нулевой линейной скорости. Время поворота, пропорциональное величине угла, учитывается в минимизируемом функционале.

Оптимальное управление прямолинейным движением находится при помощи принципа максимума. Точка разделения объектов определяется приближенно в результате численной оптимизации на сгущающихся сетках в пространстве состояний.

Алгоритм решения задачи разработан для плоского движения группы управляемых объектов. Программа, реализующая предложенный алгоритм написана на языке Python в среде PyCharm. Она позволяет получить приближенное решение задачи, графически представлять оптимальные траектории движения группы, вычислить время достижения целей. Эффективность программы демонстрируется на примерах многоцелевого быстродействия группы подвижных объектов. Для удобства представления при помощи QtDesigner разработана графическая оболочка, позволяющая упростить ввод данных для задачи.

Список используемых источников:

1. Каляев И.А., Гайдук А.Р., Капустян С.Г. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов. М.: Физматлит, 2009.
2. Куржанский А.Б. Задача управления групповым движением. Общие соотношения // Докл. РАН. 2009. Т. 426. № 1. С. 20–25.
3. Бортаковский А.С. Быстродействие группы управляемых объектов // Изв. РАН. ТИСУ. 2023. № 5. С. 51–77.
4. Евдокименков В.Н., Красильщиков М.Н., Оркин С.Д. Управление смешанными группами пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов в условиях единого информационно-управляющего поля. М.: Изд-во МАИ, 2015.

Веб-технологии для анализа траекторных измерений

Свиридов Д.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Судаков В.А.

РТУ МИРЭА, Москва

Задача обработки траекторных измерений возникает после проведения натурного эксперимента (НЭ). Если при проведении НЭ имеет место пересечение интервалов, на которых получены измерения различными РЛС ТИ, то реализуется алгоритм предварительной обработки траекторных измерений (ТИ) для фиксированной РЛС ТИ на полном интервале получения измерений данной РЛС, алгоритм совместной обработки ТИ, полученных группировкой РЛС ТИ на пересекающихся интервалах времени.

При отсутствии ТИ, полученных РЛС ТИ на пересекающихся интервалах времени, для обработки ТИ отдельных РЛС ТИ используются алгоритмы предварительной, совместной обработки.

С целью минимизации среднеквадратического отклонения между объединенной траекторией и теоретическим представлением, данные проходят первичную обработку, включающую фильтрацию недостоверных измерений и устранение выбросов. После этого оставшиеся значения сглаживаются с использованием параметризованного сплайна.

Данные траекторных измерений анализируются совместно. В ходе анализа с применением фильтра Калмана [1] выявляются достоверные значения среди перекрывающихся измерений. Затем производится оценка отклонения полученных значений от теоретической траектории. Метод используется для обработки данных, полученных из системы, подверженной случайному шуму, а также обновления оценки состояния системы. ФК использует как измерения, так и математическую модель системы для обновления своих оценок. Идея ФК заключается в том, что на каждом шаге процесса обновления использовать модель для предсказания ее следующего состояния, а затем обновлять это предсказание с учетом новых измерений.

Разработанное веб-приложение, осуществляющее все вышеупомянутые функции, создано с использованием интерпретатора Python и каркаса Panel [2] и имеет архитектуру «Модель-Представление» (Model-View). Panel позволяет создавать одностраничные веб-приложения, включающие в себя интеграцию со множеством средств визуального анализа данных.

Список используемых источников:

1. Баданина Н.Д., Зинченко А.А., Судаков В.А. Интегрирование модуля нечеткого логического вывода с помощью веб-технологий // Научный сервис в сети Интернет: труды XXV Всероссийской научной конференции (18-21 сентября 2023 г., онлайн). — М.: ИПИМ им. М.В.Келдыша, 2023. — С. 62–73.
2. Kalman, R.E. A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems // Journal of Basic Engineering. 1960. №82. С 35–45.

Уточнение коэффициента сжатия для внешней оценки предельного множества управляемости линейной дискретной системы с ограниченным управлением

Симкина А.В.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Ибрагимов Д.Н.

МАИ, Москва

В докладе рассматривается задача внешнего оценивания предельного множества 0-управляемости для линейной стационарной дискретной системы с ограниченным управлением. Решение предлагается осуществлять при помощи аппарата сжимающих отображений. Предельное множество 0-управляемости представляет собой множество начальных состояний, допускающих возможность перевода системы из них в начало координат за нефиксированное конечное число шагов посредством допустимых управляющих воздействий. Конструирование множеств управляемости часто применяется в задачах синтеза и анализа, если управление оказывается ограниченным практическими особенностями системы. Например, ограниченная мощность и конечный запас топлива у двигательной установки.

При рассмотрении задачи быстрогодействия вопросы построения предельных множеств 0-управляемости сводятся к определению условия разрешимости задачи. Если существует возможность построить данное множество либо его внешнюю оценку для некоторых начальных состояний это позволяет выяснить, достижимо ли начало координат в принципе.

Для устойчивой дискретной системы (собственные значения матрицы которой не превосходят по модулю 1) предельное множество 0-управляемости оказывается ограничено, что позволяет определить сжимающее отображение в метрическом пространстве Хаусдорфа, состоящем из компактных множеств. Тогда замыкание предельного множества 0-управляемости представляет собой в силу теоремы Банаха единственную неподвижную точку данного сжатия, что обусловлено полнотой выбранного метрического пространства. Также принцип сжимающих отображений посредством метода простой итерации дает возможность оценить погрешность приближения искомого множества и добиться сколь угодно малой ее величины.

Существенным оказывается выбор нормы в исходном фазовом пространстве, поскольку это непосредственно связано со способом вычисления метрики Хаусдорфа и со структурой

искомых внешних оценок предельных множеств 0-управляемости. Также на расчёты влияет выбор коэффициента сжатия для сжимающего отображения, который следует выбирать в зависимости от выбранной нормы исходного пространства и мощности вычислительной машины.

В докладе обсуждается задача подбора коэффициента сжатия для различных типов собственных значений исходной матрицы системы: действительные кратные и некрратные собственные значения, комплексно-сопряженные собственные значения. Отдельно рассматриваются двухмерный и трёхмерный случай. В зависимости от поставленной задачи подходят различные значения коэффициента сжатия, позволяющие получить наилучший результат в каждом конкретном случае. На модельных примерах приведены графики зависимости радиусов построенных множеств от выбора значения коэффициентов сжатия, на основе которых осуществляется решение о предпочтительном значении интересующего коэффициента.

Список используемых источников:

1. Сиротин А.Н., Формальский А.М. Достижимость и управляемость дискретных систем при ограниченных по величине и импульсу управляющих воздействиях // *АиТ*. 2003. № 12. С. 17–32.
2. Fisher M.E., Gayek J.E. Estimating Reachable Sets for Two-Dimensional Systems // *J. Optim. Theory Appl.* 1998. V. 56. No. 1. P. 67–88
3. Берендакова А.В., Ибрагимов Д.Н. О методе построения внешних оценок предельного множества управляемости для линейной дискретной системы с ограниченным управлением // *АиТ*. 2023. №2, стр.3–34

Методы регрессионного анализа для прогнозирования качества доступных ресурсов в задаче целочисленного линейного программирования

Скуридин А.А.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Рассказова В.А.
МАИ, Москва

В работе рассматривается проблематика прогнозирования качества доступных ресурсов в контексте задачи целочисленного линейного программирования. Основная задача состоит в распределении ограниченных ресурсов в соответствии с заданным планом и требованиями к качеству. В связи с тем, что точные параметры качества распределяемых ресурсов заранее неизвестны, ключевым аспектом становится разработка эффективного инструментария для их оценки и прогнозирования на основе исторических данных.

Регрессионный анализ выступает в качестве фундаментальной статистической техники, применяемой для выявления взаимосвязей между параметрами, определяющими качество ресурсов, и несколькими независимыми переменными — последними известными значениями параметров и числом дней, прошедших с последнего замера параметров. Через оценку этих взаимосвязей методы регрессионного анализа способствуют получению предсказательных моделей, которые в последствии могут быть использованы для оценки текущего качества ресурсов.

В ходе исследования акцентируется внимание на выборе подходящих регрессионных моделей, которые наилучшим образом соответствуют специфике исследуемых данных и прогнозируемых показателей. Грамотное сочетание различных приёмов регрессионного анализа позволяет обеспечить высокую точность прогнозов, что является критически важным для оптимизации процессов распределения ресурсов.

Завершает работу рассмотрение практических аспектов применения полученной модели регрессии в системах автоматизированного принятия решений для распределения ресурсов, а также интеграция модели регрессионного прогнозирования в задачу целочисленного линейного программирования.

Список используемых источников:

1. Рассказова В.А., Скуридин А.А. Задача о назначении производственных ресурсов с системой ограничений // Моделирование и анализ данных. 2023. Том 13. № 2. С. 142–150. DOI: 10.17759/mda.2023130208

Опыт создания обучающего набора для задачи распознавания букв русского алфавита

Сорокина П.О.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Леонов С.С.
МАИ, Москва

В предлагаемой работе даны результаты построения нейросетевого классификатора букв русского алфавита.

Объектом исследования являются задача распознавания букв рукописного русского алфавита и обучение сверточной нейронной сети на небольшом наборе данных. Как правило поиск подходящего обучающего набора представляется трудоемкой задачей, поэтому основной задачей в работе был сбор собственного обучающего набора данных для нейронной сети, распознающей рукописный текст. В результате проведения сбора рукописных букв русского алфавита у студентов 2 курса 2 и 9 институтов МАИ был составлен набор, представляющий собой порядка 6000 образцов. Это малый набор данных, которого недостаточно для качественного обучения. Для повышения качества и эффективности распознавания текста требуется применение специальных техник валидации и расширения данных.

Перед тем, как переходить к обучению сети, следует подготовить собранные данные путем аугментации (искусственного расширения). Для расширения набора данных используются такие приемы, как поворот, сдвиг, изменение контрастности и добавление шума. Чтобы избежать переобучения и достичь максимальной точности путем искусственного расширения данных, используются библиотеки языка Python, такие как TensorFlow, Keras, OpenCV для создания и обработки изображений.

Распознавание рукописного текста является задачей классификации. Для ее решения был применен один из самых популярных способов глубокого обучения — сверточные нейронные сети. Сети с такой архитектурой хорошо справляются с распознаванием и классификацией объектов на изображениях, благодаря своей способности выделять важные признаки входного изображения. Подготовленный набор данных разделяется на обучающую, проверочную и тестовую выборки.

Если обучить сеть с использованием настроек расширения данных, она никогда не увидит одно и то же изображение дважды. Однако входные данные по-прежнему будут тесно связаны между собой, потому что получены из небольшого количества оригинальных изображений, поэтому нужно добавить в модель слой Dropout непосредственно перед полносвязным классификатором. Этот слой случайным образом «выключает» некоторые нейроны во время обучения, что помогает снизить взаимосвязь между нейронами и улучшить обобщающую способность модели. Dropout помогает модели избежать переобучения на обучающих данных и лучше обобщать на новых данных, что приводит к улучшению ее общей производительности.

Применив расширение данных и прореживание, можно практически полностью избавиться от переобучения. На полученном наборе данных обучается сеть. Обучение занимает длительное время и требует больших вычислительных возможностей.

После обучения и тестирования модели, необходимо провести ее оценку. Оценка модели должна отражать ее точность и способность работать с новыми изображениями. Важно провести анализ ошибок, чтобы понять, где модель может быть улучшена. Эффект переобучения модели можно выявить по графику изменения потерь и точности. Точность на обучающих данных линейно растет и приближается к 100 %, тогда как точность на проверочных данных останавливается на неудовлетворительной отметке около 70–72 %.

Оценка качества обучения является непростой задачей, так как результаты зависят от различных факторов, включая архитектуру нейросети, объем и качество обучающих данных, параметры обучения и другие факторы. В данной работе предпочтение было отдано методу перекрестной валидации, потому что он имеет ряд преимуществ над остальными в рамках поставленной в работе задачи.

Таким образом, в ходе работы были осуществлены сбор и подготовка обучающих данных. Также были выявлены наиболее оптимальные способы контроля переобучения и повышения точности модели путем искусственного расширения данных с использованием библиотек языка Python.

Список используемых источников:

1. Шолле Ф. Глубокое обучение на Python. — СПб.: Питер, 2018. — 400 с.
2. Николенко С., Кадурин А., Архангельская Е. Глубокое обучение. — СПб.: Питер, 2018. — 480 с.
3. Y. LeCun, B. Boser, J. S. Denker, D. Henderson, R. E. Howard, W. Hubbard and L. D. Jackel: Backpropagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition, Neural Computation, 1(4):541-551, Winter 1989.

Программный инструмент для определения оптимального количества контрольных точек при диагностике неисправностей аналоговых схем электронных устройств космической аппаратуры

Старкова Э.А., Костюк А.А., Купцова Д.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Королев П.С.

НИУ ВШЭ, Москва

Анализируя ранее предложенные методы по определению оптимального количества контрольных точек [1-4], можно сказать, что наибольшей эффективностью в дифференцировании одной неисправности от другой при использовании минимального количества тестовых точек обладает метод, исследованный в работе [1]. В его основу положен критерий подобия, основанный на неравенстве Коши-Буняковского-Шварца, показывающий степень изолированности попарно сравниваемых введенных в рассмотрение неисправностей или же, другими словами, с какой вероятностью множество значений напряжений одной неисправности будет пересечено таковым второй неисправностью. На основе этого метода [1] был разработан программный код, который функционально может быть представлен следующими блоками:

1. Ввод пользователем числа предполагаемых неисправностей и потенциального количества контрольных точек.

В связи с тем, что приблизительно 90% всех неисправностей в аналоговых цепях классифицированы как одиночные жесткие (короткое замыкание и обрыв цепи) [1], всего было рассмотрено 17 неисправностей этого типа для всех пассивных ЭРИ (электрорадиоизделий) схемы.

2. Считывание в Matlab обработанной базы данных значений напряжений в опорных точках схемы из Multisim.

Во-первых, осуществляется выгрузка указанной базы данных в используемую программную среду. Сбор значений напряжений происходит за счет многократного моделирования ($N=50$) схемы усилителя низкой частоты при использовании статистического метода Монте-Карло. Выбранное значение N обеспечивает такую точность измерения, что соответствует погрешностям оценки матожидания и среднеквадратического отклонения на уровне от 10% до 24% с доверительной вероятностью от 0.9 до 0.95 и может считаться допустимой при решении практических задач.

Во-вторых, происходит последовательная загрузка ранее записанных файлов в формате csv, их считывание в Matlab и выполнение математических преобразований над массивом данных для получения матожидания и среднеквадратического отклонения значений напряжений в тестовых точках.

3. Формирование справочника неисправностей на основе матожидания и среднеквадратического отклонения значений напряжений в опорных точках.

4. Составление таблицы-критерия на основе вычисления коэффициента подобия для каждой пары неисправностей с помощью справочника неисправностей.

В процессе расчета критерия подобия для каждой пары неисправностей из списка предполагаемых был рассмотрен предельный случай, когда дисперсия значений напряжения какой-либо неисправности может быть равна нулю. В этом случае вводится дельта-функция для описания характера распределения напряжений и критерий рассчитывается на основе сопоставлений значений среднеквадратического отклонения и матожидания анализируемой случайной величины. При условии, что дисперсия значений характеристики только одной неисправности равна нулю, вводится правило трех сигм: если матожидание значений напряжений неисправности с нулевой дисперсией принадлежит интервалу другой неисправности, в котором лежит около 99.73% всех ее значений напряжений [3], то зоны двух неисправностей перекрывают друг друга и делают их невозможными для изолирования. Следовательно, коэффициент подобия будет равен нулю. При рассмотрении противоположного случая коэффициент будет равняться единице.

5. Функция, включающая в себя ряд циклов и проверок выполнения условий согласно [1] и выводящая список неизолированных пар неисправностей и множество соответствующих им тестовых точек.

6. Вывод итогового набора контрольных точек (или же предупреждения об его отсутствии) и списка всех изолированных пар неисправностей (или же предупреждения об его отсутствии).

Таким образом, в заключение можно сказать, что была разработана программа по определению оптимального набора контрольных точек при диагностике неисправностей для аналоговых схем на примере усилителя низкой частоты в целях автоматического определения минимально возможного количества датчиков для снятия показаний с тестовых точек. Также для осуществления своевременных идентифицирования и локализации неисправности, а также дальнейшего ее устранения был разработан справочник неисправностей, посредством которого можно сопоставлять текущие значения напряжений с табличными и делать соответствующие выводы.

Список используемых источников:

1. Qingfeng Ma, Yuzhu He, Fuqiang Zhou, Ping Song, "Test Point Selection Method for Analog Circuit Fault Diagnosis Based on Similarity Coefficient", *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2018, Article ID 9714206, 11 pages, 2018.

2. W. Hochwald and J. D. Bastian, "A DC approach for analog fault dictionary determination," *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, vol. 26, no. 7, pp. 523–529, 1979.

3. H. Luo, Y. Wang, H. Lin, and Y. Jiang, "A new optimal test node selection method for analog circuit," *Journal of Electronic Testing*, vol. 28, no. 3, pp. 279–290, 2012.

4. D. Zhao and Y. He, "A new test point selection method for analog circuit," *Journal of Electronic Testing: Theory and Applications*, vol. 31, no. 1, pp. 53–66, 2015.

Оценка сеточной сходимости решений в задачах топологической оптимизации с фильтром Гельмгольца для панелей переменной толщины Тамбовцева Е.А.

Научный руководитель — доцент, д.ф.-м.н. Соляев Ю.О.

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, Москва

Пластины являются одним из наиболее распространенных элементов в конструкциях, используемых в различных отраслях промышленности, таких как космонавтика и авиация. Одним из ключевых аспектов при проектировании конструкций с использованием пластин является анализ их прочности и устойчивости. В настоящее время были разработаны различные методы оптимизации для усиления тонкостенных конструкций (пластин и оболочек), которые широко используются в решении инженерных задач. Для уменьшения массы, придания наибольшей жесткости и выдерживания критических нагрузок на изгиб

применяется усиление пластин или оболочек ребрами жесткости. Выбор геометрии (траекторий, поперечных сечений) ребер жесткости является предметом исследования в задачах теории оптимизации. Одним из перспективных численных методов оптимизации является метод топологической оптимизации, который может быть сформулирован для пластин переменной толщины в целях поиска оптимальной геометрии ребер жесткости [1]. Однако, на основе численного моделирования и общих заключений было обнаружено, что задача оптимизации пластин переменной толщины требует условий регуляризации для исключения сеточно-зависимых решений [1–3].

Целью данной работы является исследования возможности получения оптимальных решений в задачах топологической оптимизации для пластин переменной толщины, в которых используется фильтр Гельмгольца. Этот тип фильтра предполагает использование регуляризованного поля фиктивной плотности, вычисляемого с использованием уравнения Гельмгольца, в котором в правой части стоит фактическое распределение, полученное из решения топологической оптимизации. Это фильтр традиционно применяется для сглаживания решений топологической оптимизации трехмерных конструкций. Применение этого фильтра для задачи с пластинами переменной толщины рассматривается в данной работе. Оценивается сходимость получаемых решений и их оптимальность с точки зрения жесткости получаемых конструкций. В качестве тестовых задач рассматриваются задачи об изгибе пластин, нагружаемых сосредоточенными усилиями или равномерно распределенным давлением.

Список используемых источников:

1. Kyaw Ye Ko, Yuri Solyaev, Sergey Lurie, Arseniy Babaytsev, Lev Rabinskiy, Ivan Kondakov.: Theoretical and experimental validation of the variable-thickness topology optimization approach for the rib-stiffened panels. *Continuum Mechanics and Thermodynamics* volume 35, pages 1787–1806 (2023).
2. Cheng, K.T., Olhoff, N.: An investigation concerning optimal design of solid elastic plates. *Int. J. Solids Struct.* 17(3), 305–323 (1981).
3. Niordson, F.: Optimal design of elastic plates with a constraint on the slope of the thickness function. *Int. J. Solids Struct.* 19(2), 141–151 (1983).

Управление подвижными объектами в конфликтной среде

Фуканчик Т.С.

Научный руководитель — доцент, д.ф.-м.н. Бортаковский А.С.

МАИ, Москва

Рассматривается задача быстроедействия группы управляемых объектов, начальное и конечное состояние каждого из которых задано. Требуется найти управление, обеспечивающее одновременное достижение всех конечных состояний (целей) за наименьшее время. В процессе движения на каждый объект воздействует противник. Для уклонения от противника выбирается такое управление, которое максимально удаляет подвижный объект от противника.

Плоское движение объекта происходит с постоянной скоростью, направление движения является управлением, причем повороты выполняются мгновенно. Решается задача максимального отклонения от противника при заданном времени движения. Применяя геометрические соображения, задача оптимального управления сведена к задаче оптимизации, которая решена методом Лагранжа. Геометрическое обоснование оптимальности можно заменить применением принципа максимума Понтрягина.

Чтобы решить задачу группового быстроедействия, нужно сначала для каждого объекта определить минимальное время достижения. Потом выбрать минимальное гарантирующее время достижения всех целей. Это минимаксное время считается временем группового быстроедействия. Затем построить максимально отклоняющиеся от противника траектории движения объектов, достигающие цели за время группового быстроедействия.

Разработана программа численного решения задачи. В работе приведены полученные уравнения. Решены модельные примеры с небольшим (до десяти) количеством объектов управления с одним или двумя противниками. Решение представлено в виде графика.

Список используемых источников:

1. Математическая теория оптимальных процессов / Л.С. Понтрягин, В.Г. Болтянский, Р.В. Гамкрелидзе, Е.Ф. Мищенко. М.: Физматгиз, 1961.
2. Бортакровский А.С. Быстродействие группы управляемых объектов // Изв. РАН. ТиСУ. 2023. № 5. С. 51–77.

Секция №7.2 Компьютерное моделирование и численный эксперимент

Оценка влияния степени закрутки потока воздуха на полноту сгорания в цилиндрическом канале

Алибаев А.Ф., Павлов Д.А., Нечипорук С.Ю.

ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова», Москва

Развитие способов повышения эффективности горения топлива является актуальной технической и научной задачей. Показателем, отражающим совершенство процесса горения, может выступать коэффициент полноты сгорания. Это величина, равная количеству теплоты, фактически выделившемуся при сгорании 1 кг топлива, к его теплотворной способности. Принято представлять этот коэффициент как произведение трех величин: коэффициента физико-химической полноты, учитывающего неполное сгорание топлива; коэффициента, учитывающего диссоциацию; и коэффициента, учитывающего потери на теплоотвод. В этой работе последние два фактора не учитываются.

Определение физико-химической полноты сгорания проводилось по результатам RANS-моделирования потока реагирующих веществ методом конечных объемов в стационарной постановке. Химические превращения описываются при помощи одностадийной брутто-реакции, скорость образования продукта которой определяется согласно модели диссипации вихрей [1]. Зависимость теплоемкости от температуры, молярная масса, энтальпия образования и энтропия для продукта реакции получена путем расчета его равновесного состава [2]. Исследования проводились для метана, подача которого велась вдоль оси канала по трубке. Закрутка воздуха в расчетах обеспечивалась граничным условием на входе.

Степень закрутки оценивалась отношением величин окружной и осевой составляющих скорости потока воздуха. Расчеты проводились для степеней закрутки в диапазоне от 0 до 2, при этом расход воздуха сохранялся постоянным от расчета к расчету. По результатам показано, что закрутка воздушного потока, во-первых, положительно сказывается на физико-химической полноте сгорания топлива; во-вторых, сокращает относительную длину выгорания по оси, что согласуется с исследованиями, изложенными в [3, 4].

Список используемых источников:

1. Magnussen B.F., Hjertager B.H. On mathematical modeling of turbulent combustion with special emphasis on soot formation and combustion // 16th Symposium (International) on Combustion, 1976.
2. Трусов Б.Г. Программная система TERRA для моделирования фазовых и химических равновесий // Тр. XIV Междунар. конф. по хим. термодинамике. СПб., 2002.
3. Driscoll J.F., Chen R.H., Tangirala V. The role of recirculation in improving internal mixing and stability of flames // AIAA Paper, 1987, pp. 87–0306.
4. Cozzi F., Coghe A. Effect of air stagnation on a coaxial swirled natural gas flame // Exp. Therm. Fluid Sci., 2012, 43, 32–39 pp.

Нейросетевая сегментация облачности и снежного покрова по данным с российского спутника «Электро-Л № 2»

Беляков Н.В.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Самыловский И.А.

МГУ, Москва

Работа посвящена методике детектирования облачности и снежного покрова по мультиспектральным данным с аппаратуры МСУ-ГС геостационарного космического аппарата «Электро-Л № 2» с применением нейронной сети сверточного типа. Для разработки нейросетевого алгоритма был создан собственный набор данных, содержащий мультиспектральные снимки с аппаратуры МСУ-ГС, установленной на космическом аппарате «Электро-Л № 2», с разметкой снега и облачности. Для создания разметки облачного и

снежного покрова были использованы репроецированные на точку стояния «Электро-Л № 2» снимки с космических аппаратов «GOES-16» и «Meteosat-10». В качестве дополнительной информации используется географическая информация: широта, долгота и высота для пикселей снимков. В качестве модели нейросети используется Multi-Scale Attention Network. Одной из существенных проблем при разработке алгоритма сегментации снега и облачности является отсутствие коротковолновых инфракрасных каналов (1300–1600 нм), необходимых для работы классических алгоритмов сегментации на основе тестов по нормированному снежному индексу. При ограничениях на спектральные характеристики аппаратуры МСУ-ГС и низкое разрешение снимков, в качестве решения задачи выделения снега и облаков на мультиспектральных данных предлагается нейросетевой алгоритм, способный по неявным признакам и закономерностям дифференцировать снег и облака. Для репрезентативности снимки в выборке включают в себя все времена года и разные уровни освещенности (12.00–17.00 UTC). Обученная нейронная сеть для сегментации протестирована в различных сценариях, включая зимний и летний периоды года в дневное время суток при разном уровне освещенности снимков применительно к данным с прибора МСУ-ГС спутника «Электро-Л № 2». По результатам тестирования получены следующие по метрике качества сегментации: $F_1=0.7454$, $F_1=0.8773$ и $IoU = 0.7359$, $IoU=0.7976$ для классов облачности и снега соответственно.

Список используемых источников:

1. S. Miller, T. Lee, and R. Fennimore. Satellite-based imagery techniques for daytime cloud/snow delineation from MODIS / J. Appl. Meteorol. 2005. № 44, с. 987–997.
2. V. G. Astafurov et al. Statistical model of cirrus cloud textural features based on MODIS satellite images / Optika atmosfery i okeana. 2014. № 27, с. 640–646.
3. Sorour Mohajerani, Parvaneh Saeedi. CLOUD-NET: AN END-TO-END CLOUD DETECTION ALGORITHM FOR LANDSAT 8. / School of Engineering Science, Simon Fraser University, Burnaby, BC, Canada. URL: <https://arxiv.org/pdf/1901.10077.pdf>. (дата обращения: 24.06.2023).
4. Wu, X., Shi, Z., Zou, Z. A geographic information-driven method and a new large scale dataset for remote sensing cloud/snow detection // ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. 2021. №174. С. 87–104.

Особенности подготовки расчётной модели системы охлаждения дизельного двигателя в программном комплексе Ansys CFX

Бобыкин В.В., Гончаров Т.М.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Харчук С.И.

КНИТУ-КАИ, Казань

Численное моделирование сложных многосоставных систем, таких, как система охлаждения двигателя внутреннего сгорания сопряжено с рядом сложностей, возникающих в процессе подготовки расчетной модели. Процесс подготовки расчетной модели существенное время. Исходная геометрическая модель исследуемого изделия представляет собой сборку из сложных геометрических моделей отдельных элементов конструкции двигателя, требующих упрощения и адаптации под последующую дискретизацию расчетных областей.

На первом этапе работ из исходной геометрической модели исключены элементы конструкции, не оказывающие существенного влияния на тепловое состояние двигателя. На основании твердотельных моделей создана геометрия проточного объема каналов рубашки охлаждения, разделенная на несколько расчетных областей: область каналов блока цилиндров, область каналов головки блока цилиндров, область переходных каналов между БЦ и ГБЦ, область коллектора отвода охлаждающей жидкости из ГБЦ и область термостата. Разделение геометрии проточного тракта на расчетные области обусловлено экономией вычислительных ресурсов при работе сеточного генератора.

На следующем этапе в сеточном генераторе Mesher программного комплекса Ansys сгенерированы сеточные модели элементов конструкции двигателя и проточных объемов

каналов системы охлаждения. В твердотельных элементах сгенерированы стеки со следующими параметрами:

- Максимальный размер элементов 4 мм;
- Минимальный размер элементов 0,5 мм;
- Минимальная кривизна поверхности 0,1.

В проточных объемах каналов системы охлаждения параметры расчетной сетки подбирались таким образом, чтобы значение параметра y^+ находилось в диапазоне от 1 до 5, что является оптимальным значением при моделировании задач сопряженного теплообмена в системах жидкостного охлаждения с использованием модели турбулентности k - ω SST. Выполнение этого требования обеспечивается при следующих параметрах расчетной сетки:

- Максимальный размер элементов 1,5 мм
- Минимальный размер элементов 0,15 мм
- Минимальная кривизна поверхности 0,3 мм
- Количество призматических слоев в пристеночном слое — 5
- Толщина первого призматического слоя определяется из относительной толщины пограничного слоя 0,1 мм
- Коэффициент роста ячеек 1,1

Полученные сгенерированные расчетные сетки импортировались в модуль CFX программного комплекса Ansys. Расчетная область разбита на отдельные домены для областей проточного объема каналов охлаждения и областей твердотельных элементов конструкции двигателя. Между доменами назначены поверхности передачи данных. Данные поверхности обеспечивают корректное осреднение параметров между жидкими доменами. Интерфейсы между жидким доменом и твердым телом используют консервативный тип передачи тепловых нагрузок — Conservative heat flux. При этом для задания тепловых граничных условий используются граничные условия стенки.

Таким образом, подготовлена математическая и расчетная модели для дальнейшего численного эксперимента и верификации результатов.

Список используемых источников:

1. Молчанов А.М., Щербakov А.М. и др.. Построение сеток в задачах авиационной и космической техники: учеб. пособие — МАИ — Калуга, 2013. — 262 с., с ил.
2. Ansys CFX-Pre User's Guide. Canonsburg, 2021.

Влияние применения полимерных композиционных материалов на динамику элементов конструкций спутниковой бортовой аппаратуры

Варламов С.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Меркурьев И.В.
НИУ «МЭИ», Москва

Для реализации проектов по развертыванию спутниковых систем нового поколения необходима разработка и внедрение новых конструктивных решений при проектировании ключевых систем перспективных космических аппаратов. Данные решения должны обеспечивать повышение надежности отдельных космических аппаратов и всей системы в целом, улучшение массогабаритных характеристик и сокращение стоимости производства.

В частности, для базовых несущих конструкций бортовой аппаратуры повышение массогабаритных характеристик возможно достичь за счет конструирования наиболее ответственных деталей из полимерных композиционных материалов. Подобный подход позволяет при общем снижении массы обеспечить повышение прочности и жесткости базовых несущих конструкций [1], что критически важно при переходе на серийное производство бортовой аппаратуры. Также, применение полимерных композиционных материалов позволяет варьировать жесткость и прочность элементов конструкции в зависимости от требований без перестройки технологического процесса путем изменения схемы армирования.

Для детали основания базовой несущей конструкции блока бортовой аппаратуры космического аппарата численным методом конечных элементов были определены собственные частоты и моды колебаний для следующих моделей материалов — изотропного алюминиевого сплава и ортотропного углепластика с тканым или однонаправленным армированием [2]. Также был исследован динамический отклик детали на частоты до 100 Гц соответствующим основным требованиям к работоспособности конструкций бортовой аппаратуры.

В заключении проведен сравнительный анализ для исследуемых моделей материала. Показано, что изготовление детали основания из полимерного композиционного материала на основе углеродной ткани при снижении первой собственной частоты на исследуемых частотах позволяет снизить напряжения в конструкции, а при применении армирования в виде однонаправленных углеродных волокон позволяет повысить первую собственную частоту относительно алюминия, снизить напряжения и повысить жесткость конструкции при значительном снижении массы детали.

Список используемых источников:

1. Буланов И.М., Воробей В.В. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов: Учеб. для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. 516 с.
2. Васильев В.В. Механика конструкций из композиционных материалов. М.: Машиностроение, 1998. 272 с.

Алгоритм расчёта санитарно-защитных зон передающих антенных решёток с учётом влияния рельефа и подстилающей поверхности

Воронько А.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Кондратьева С.Г.

МАИ, Москва

Одним из этапов составления технического проекта передающей антенной решетки является определение ее соответствия требованиям существующим государственным нормативным актам [1] на предмет безопасности создаваемого уровня излучения. Процесс определения соответствия предъявляемым требованиям по создаваемому излучению заключается в предварительном расчете уровней напряженности электрического поля (плотности потока энергии) на местности и последующем сравнении с установленными предельно допустимыми уровнями (ПДУ). В случае превышения ПДУ вводится санитарно-защитная зона (СЗЗ) — специальная область местности, в которой превышает ПДУ и в которой введен особый режим пользования, позволяющий обеспечить безопасность для населения. При отсутствии возможности введения СЗЗ рассматриваются иные методы обеспечения безопасности для создаваемого уровня излучения [2].

В работе предлагается метод расчета СЗЗ прототипа передающей антенной решетки. Для проведения расчетов требуется предварительный сбор данных местности: уровни высот по рассматриваемым радиотрассам и наличие и средняя высота леса. Специфика метода, с одной стороны, заключается в попытке учесть эффект ослабления, вносимый рельефом, а с другой стороны, в учёте поглощения лесистой местностью. В качестве способа определения ослабления рельефом используется модель дифракции на клиновидном препятствии [3], а для определения затухания лесистой местностью используется модель Вайсбергера [4].

В качестве примера приводится расчет прототипа передающей антенной решетки прототипа РЛС в потенциальной точке установки, расположенной на территории России. На основе проведенных расчетов определяется предварительная граница СЗЗ.

Список используемых источников:

1. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы — М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003, 22 с;
2. Овчинникова Е.В., Шмачилин П.А., Кондратьева С.Г., Гаджиев Э.В., Воронько А.О. Методы ограничения влияния электромагнитных полей на человека // Сборник научных

статей по материалам VII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем» — М.: МИРЭА, 2023. С. 33–36.

3. Черный Ф. Б. Распространение радиоволн. — М.: Сов. радио, 1972, 480 с.;

4. Тихомиров А.В., Михайлов В.Ю., Омелянчук Е.В., Семенова А.Ю., Рожкова М.А. Оценка эмпирических моделей распространения радиоволн в лесных массивах сантиметрового и миллиметрового диапазонов.// Инженерный вестник Дона, № 9, 2019. Ростов-на-Дону.

Уточнённое моделирование распределения касательных напряжений в толстостенных составных композитных стержнях с переменным поперечным сечением

Голубкин К.С.

Научный руководитель — доцент, д.ф-м.н. Соляев Ю.О.

МАИ, Москва

Решаемая научная проблема связана с необходимостью уточнённого моделирования распределения касательных напряжений в составных композитных стержнях переменной толщины, находящихся в условиях одноосного нагружения.

Сформулирована обобщенная модель однородных и композитных стержней с переменным поперечным сечением в рамках градиентной теории упругости, обеспечивающая уточненное описание напряженно — деформированного состояния, и в частности, непрерывность касательных напряжений по длине стержня и особенности концентрации напряжений в неоднородном поперечном сечении. Решение рассматриваемой задачи позволяет в рамках одномерной расчетной модели точнее прогнозировать напряженно-деформированное состояние и, в частности, распределение касательных напряжений в стержнях с переменным поперечным сечением.

Невозможность обеспечения непрерывных по длине решений для касательных напряжений (возникающих в трехмерном моделировании) в стержнях с переменным поперечным сечением была показана недавно в работе [1] в применении к оценке прочности ведущих устройств. При этом ошибки стандартных решений могут достигать сотен процентов, что не позволяет применять их для достоверной оценки прочности на сдвиг таких конструкций (при том, что это один из основных механизмов их разрушения). Предлагаемый подход направлен на устранение такого рода несогласованностей и несовершенств классических стержневых моделей за счет использования исходного функционала теории, учитывающего зависимость энергии деформаций балки от деформаций и их градиентов по длине балки [2].

В рамках рассматриваемой обобщенной модели показаны тестовые аналитические решения для составной конструкции (центральный стержень/оболочка) с несколькими секциями. Аналитические решения строились в математическом пакете Wolfram Mathematica. Численные трехмерные решения строились в системе COMSOL Multiphysics.

«Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-79-01159, <https://rscf.ru/project/23-79-01159/>»

Список используемых источников:

1. Бабайцев А.В., Бурцев А.Ю., Рабинский Л.Н., Соляев Ю.О.. Методика приближенной оценки напряжений в толстостенной осесимметричной композитной конструкции. Труды МАИ. 2019. Выпуск №107

2. Lomakin E.V., Lurie S.A., Rabinskiy L.N., Solyaev Y.O. Refined Stress Analysis in Applied Elasticity Problems Accounting for Gradient Effects. Doklady Physics, Volume 64, Issue 12, p.482-486 (2020) DOI: 10.1134/S1028335819120103

Численное моделирование работы системы охлаждения дизельного двигателя в программном комплексе Ansys CFX и оценка полученных результатов

Гончаров Т.М., Бобыкин В.В.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Харчук С.И.

КНИТУ-КАИ, Казань

Численное моделирование работы системы охлаждения двигателя проводилось с целью определения застойных зон в области проточного объема каналов охлаждения, возможных зон вскипания охлаждающей жидкости и температурных полей в элементах конструкции двигателя и системы охлаждения для последующей оптимизации системы охлаждения.

Подготовленные сеточные модели элементов конструкции двигателя и системы охлаждения импортировались в модуль CFX программного комплекса Ansys, расчетная область разбивалась на отдельные домены твердотельных элементов конструкции двигателя и домены проточных объемов системы охлаждения. Для доменов проточной области были выбраны следующие параметры расчетной модели:

- Материал: 50% водный раствор этиленгликоля с заданными термодинамическими параметрами на линии насыщения;
- Референсное давление: 1 атм;
- Модель теплообмена: Thermal energy;
- Модель турбулентности: k-omega SST.

Для доменов твердотельных элементов конструкции двигателя выбраны следующие параметры расчетной модели:

- Материал: СЧ-30 для ГБЦ, ВЧШГ50 для БЦ
- Модель теплообмена: Thermal energy.

Расчет производился в стационарной постановке с контролем сходимости по отклонению текущего значения целевых параметров от осредненного по количеству итераций значению. В качестве целевых параметров были выбраны: перепад давлений между входом и выходом ОЖ, температура ОЖ на выходе, средняя температура ОЖ, средняя температура в доменах твердотельных элементов конструкции двигателя. Приемлемый уровень сходимости достигнут к 1600-й итерации.

Проведена оценка полученных результатов и сравнение с результатами натурных испытаний двигателя на разных режимах.

Список используемых источников:

1. Молчанов А.М., Щербаков А.М. и др. Построение сеток в задачах авиационной и космической техники: учеб. пособие — МАИ — Калуга, 2013. — 262 с., с ил.
2. Молчанов А.М., Numerical Methods for Solving the Navier-Stokes Equations (2019), Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет).
3. Дрейцер Г.А., Основы конвективного теплообмена в каналах: учебное пособие — МАИ — Москва, 1989.

Формирование предпочтительных параметров сеточной модели на основе характеристик пограничного слоя на плоской пластине

Громова А.С.

Научный руководитель — к.т.н. Шилин П.Д.

ТулГУ, Тула

Разработка летательных аппаратов (ЛА) нестандартных конфигураций и компоновочных схем в последние годы стала одним из передовых направлений. При этом для оценки аэродинамической эффективности того или иного конструктивного решения также остро стоит задача достоверного определения сил и моментов, возникающих от взаимодействия поверхности планера и воздушного потока. Поэтому изучение структуры и параметров пограничного слоя (ПС), а также понимание его характеристик становится важным шагом при аэродинамическом проектировании ЛА новых конфигураций.

Теоретические значения распределения параметров в ПС для многих типов течений и простых конфигураций моделей давно известны. Однако, для сложных геометрий необходимо проведение целого ряда экспериментов. В данном случае предпочтение отдается методам вычислительной газовой динамики. При этом важным вопросом при анализе полученных результатов становится оценка адекватности.

Целью настоящего исследования является теоретическое и экспериментальное изучение характеристик ПС на плоской пластине, направленное на лучшее понимание подходов применяемых при численном моделировании, а также настроек, заложенных в программном комплексе ANSYS Fluent.

В данной работе рассматривается задача обтекания пластины в плоской постановке. Область потока разбита на треугольные элементы с переходом в призматические слои вблизи поверхности. Настройки поверхностной сетки играют ключевую роль при моделировании ПС. Разрешение ПС зависит от высоты первой ячейки и количества призматических слоев, обеспечивая формирование профиля скорости. Для учета данного фактора вводится параметр y^+ — безразмерная величина, которая вычисляется на основе высоты первой ячейки [1].

Анализ литературы показал, что влияние на параметры ПС оказывает модель турбулентности. В результате чего, начальным этапом стал анализ известных моделей, который показал, что модель $k-\omega$ SST является хорошо исследованной, протестированной и признанной стандартом для решения многих задач [2, 3]. По итогу численного данная модель дала наибольшую сходимость с экспериментальными данными [4, 5].

На втором этапе проведена оценка чувствительности высоты первой ячейки на параметры потока на плоской пластине. Расчеты проводились с сеткой, обеспечивающей параметр 0.5, 5, 30, 150. Полученные результаты, показывают лучшую сходимость с экспериментальными данными при 0.5. Для обеспечения значения 0.5 использована высота первой ячейки в районе $5 \cdot 10^{-7}$ м, а для максимального значения — $1 \cdot 10^{-4}$ м. В результате проведенных оценок влияния y^+ установлено незначительное изменение профиля скорости в ПС в контрольной точке. При этом для всей длины пластины зафиксировано увеличение на 10% касательных напряжений при 150 относительно 0.5.

Следует отметить, что использование рекомендуемого значения y^+ в районе 1 приводит к значительно большему количеству элементов сетки, и как следствие к увеличению времени расчета, а также требует значительных вычислительных ресурсов.

После определения необходимого y^+ возникает вопрос о потребном количестве призматических слоев для разрешения ПС. На третьем этапе исследования с использованием 0.5 изучено влияния количества призматических слоев на параметры ПС. Рассматривались сетки с 10, 20, 30 и 35 слоями. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что даже при одинаковой высоте первой ячейки наблюдается значительное влияние градиента давления на характеристики профиля скорости в контрольной точке.

Совокупность проведенных исследований позволила сформировать методику определения параметров сетки на основе характеристик ПС на плоской пластине, которая позволит начинающему пользователю более эффективно и точно моделировать газодинамические процессы с использованием программного комплекса ANSYS Fluent для широкого спектра исследуемых конфигураций моделей.

Список используемых источников:

1. Гилева Л. В., Аксенов А. А., Кожухов Ю. В., Петров А. Ю. Исследование влияния пристеночного параметра y^+ на результаты численного моделирования конфузорного течения во входном устройстве центробежного компрессора // Вестник Международной академии холода. 2020. № 1. С. 27–33.
2. Гарбарук А.В. Моделирование турбулентности в расчетах сложных течений: учебное пособие / А.В. Гарбарук, М.Х. Стрелец, М.Л. Шур — СПб: Изд-во Политехн. унта, 2012, 88 с.
3. Latin R.M., Bowersox R.D.W. Flow properties of a supersonic turbulent boundary layer with wall roughness// AIAA J. Vol. 38, № 10, October 2000, pp. 1804–1821.
4. Wiegardt K., Tillmann W. On the Turbulent Friction Layer for Rising Pressure// Report NACA-TM-1314, October 1951, 46 p.

Численное моделирование методом VOF конденсации насыщенных паров хладонов на горизонтальных трубах

Клементьев А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Минко К.Б.

НИУ «МЭИ», Москва

Совершенствование методов численного моделирования процессов фазового перехода необходимо в частности для эффективного проектирования тепловых труб (ТТ). ТТ используются в различных отраслях — от энергетики до авиационной и космической техники, но при их проектировании, как правило, используются полуэмпирические модели. Одной из основных проблем при численном моделировании ТТ является определение положения межфазной границы, которое заранее не известно и должно быть получено в процессе расчета.

В последнее время предпринимаются усилия, направленные на совершенствование моделей тепло- и массопереноса, используемых совместно с методом Volume of Fluid (VOF) для расчета неізотермических двухфазных потоков. В большинстве работ предлагаются модификации существующих моделей и алгоритмов и их реализация в коммерческих или исследовательских CFD кодах. Наиболее часто используемой моделью для учета тепло- и массообмена на межфазной границе является модель Lee, позволяющая получить хорошее соответствие результатов имеющимся теоретическим и экспериментальным данным при удачном подборе константы модели. В [1] авторы настоящей работы предложили метод расчета константы в модели Lee на основе информации о параметрах расчетной сетки и свойствах рабочей среды. Алгоритм VOF в сочетании с предложенным методом расчета константы в модели Lee был реализован в исследовательском CFD-коде ANES [2] и верифицирован на задачах о конденсации насыщенных паров на вертикальной пластине, на поверхности горизонтального цилиндра и внутри труб различной ориентации. В настоящей работе представлены результаты моделирования с использованием разработанного алгоритма, внедренного в открытый CFD-код OpenFoam [3], процессов конденсации практически неподвижных паров пентана, пропана и фреона R-21 на горизонтальном цилиндре. Приведены картины образования и стекания конденсата, а также сравнение результатов расчетов при различных тепловых нагрузках с известными теоретическими зависимостями. Представлено сравнение результатов, полученных CFD-кодами ANES и OpenFoam для идентичных режимных условий.

Использованная в работе модифицированная модель Lee может быть рекомендована для расчетов методом VOF процессов пленочной конденсации.

Список используемых источников:

1. Минко К.Б., Артемов В.И., Клементьев А.А. Моделирование методом VOF процессов конденсации неподвижного и движущегося насыщенного пара на поверхности горизонтальной трубы // Теплоэнергетика. 2023. №3, с. 1–20.
2. ANES URL: <http://anes.ch12655.tmweb.ru/> (дата обращения 23.02.2024).
3. Openfoam, the OpenFOAM Foundation, 2017. URL: <https://openfoam.org/release/6/> (дата обращения 23.02.2024).

Анализ прочности клее-механических соединений

Кориненко К.В., Яблонский А.Н., Савинов Д.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шабалин Л.П.

КНИТУ-КАИ, Казань

При соединении композитных пластин комбинированными крепежными элементами, с применением клея и болтов, следует брать в расчёт сложное напряженно-деформированное состояние, как внутри композита, так и внутри крепежных элементов в зоне соединения при растяжении и изгибе. При анализе прочности подобных соединений необходимо рассматривать совместную работу клеевого и болтового соединения и скрепляемых композитных пластин.

В проведенной серии вычислительных экспериментов использовались болтовые элементы двух различных диаметров. Композитные пластины состояли из однонаправленного стеклопластика, ориентация выкладки пакетов которого была представлена в двух видах как 0 градусов, так и 90 градусов относительно его продольной оси. Накладные элементы пластин имеют тот же материал и ориентацию выкладки пакетов, что и основные композитные стеклопластиковые пластины. В болтовых соединениях наиболее сложной задачей является оценка работы деформации стали на смятие в окрестности посадочного болтового отверстия [1]. По этой причине, была построена билинейная модель стали, для более точного моделирования поведения металлических элементов при локальных напряжениях выше предела текучести. Прослойка клея моделировалась в явном виде. Принимая во внимание то, что характеристики клеевых соединений зависят от различных факторов [2], клеевой слой моделировался с различной толщиной, площадью склеивания и модулем жесткости. Для моделирования процесса разрушения композитного материала и клея была построена модель с накоплением повреждений.

Соединяемые композитные пластины нагружаются двумя способами. В первом случае на концы расчетной геометрии прикладывается растягивающее усилие. Во втором случае на концы расчетной геометрии прикладывается изгибающий момент. Все контактные поверхности с болтами, имеют контакт с трением. Для иных контактных пар тип контакта — жесткий.

По завершению расчёта были построены кривые нагружения образцов и произведен анализ полученных данных. Разрушение в образцах с клееболтовым соединением на растяжение сопровождается практически одновременным началом текучести на болтовых элементах, смятием композита вблизи отверстия, разрушением слоев композита в районе соединения и разрушением самого клеевого слоя. Все эти факторы значительно усложняют анализ разрушения подобных образцов, а их последовательность в значительной мере определяет величину пика нагрузки и форму кривых нагружения. Типовое разрушение, наблюдающееся на образцах с клееболтовым соединением при изгибе — это разрушение композита. С отходом углов армирования в однонаправленном стеклопластике, общая прочность соединения падает. Клееболтовое соединение имеет большую несущую способность по сравнению с клеевым соединением.

Список используемых источников:

1. Горбатовский В. В., Кандаурова Н. В., Корягина И.Е. Оценка деформаций смятия на моделях болтовых соединений // Образование, наука, производство. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 2466–2468.
2. Стойкович Н., Смилькович С., Цуркина С.К., Лакетич А. Влияние влаги на клеевые соединения// Наука и инновации в строительстве. Белгород, 21 апреля 2017 года// сборник докладов Международной научно-практической конференции. Том 2. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2017 С. 40–47.

Анализ аэроакустических характеристик сверхзвуковой струи на расчётном режиме истечения

Миронюк И.Ю.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Фараносов Г.А.

МФТИ, Москва

В настоящее время ведутся достаточно интенсивные исследования, направленные на решение проблем, связанных с созданием сверхзвуковых гражданских самолетов, среди которых немаловажной является задача по снижению шума сверхзвуковой струи, которая для таких самолетов вносит основной вклад в шум на местности. Скорости истечения выхлопных струй двигателей малой степени двухконтурности, которые предполагается использовать в сверхзвуковой гражданской авиации, существенно превышают скорость звука в окружающей среде, что приводит к возникновению, помимо источников шума, типичных для дозвуковых струй, дополнительного интенсивного источника акустического излучения, связанного с волнами неустойчивости в слое смещения струи.

Для разработки эффективных предложений по снижению шума струй необходимо обладать пониманием физических процессов, приводящих к его возникновению. Между тем, экспериментальные исследования сверхзвуковых струй, в частности, исследования излучающей части турбулентности в таких струях, затруднены из-за высоких скоростей потока и высоких уровней пульсаций, а также ударно-волновых эффектов, связанных с внесением датчиков в поток. В данной ситуации полезным оказывается совместное использование численных методов и экспериментальных исследований, которые, взаимно дополняя друг друга, позволяют глубже понять механизмы генерации шума, на основе чего можно рассматривать подходы к его снижению.

В настоящей работе приведен пример такого совместного расчетно-экспериментального исследования модельной сверхзвуковой затопленной струи, истекающей из сопла Лавалья на расчетном режиме. Диаметр среза сопла составлял $D = 0.03$ м, сопло было рассчитано на число Маха истечения струи $M = 2$. Экспериментальные данные были получены в заглушенной камере АК-2 ЦАГИ. Для осуществления расчета использовался метод моделирования крупных вихрей (LES), базирующийся на схеме CABARET. Объем расчетной области составлял около 13 млн ячеек, перепад давления в сопле был задан $\Delta p = 8.2$, температура торможения была равна температуре окружающей среды.

Из эксперимента были доступны параметры средней скорости на оси струи, а также — акустические характеристики дальнего поля. В расчете были получены визуализации полей продольной компоненты скорости и давления в фиксированный момент времени и соответствующие средние поля. Это позволило наглядно показать, что скачки уплотнения в рассматриваемом течении практически отсутствуют (расчетный режим истечения) и что в шуме струи доминирует излучение вниз по потоку, причем наиболее интенсивные звуковые волны распространяются под углом $\theta \approx 40^\circ$ к оси струи. Также в расчете были получены спектральные характеристики пульсаций скорости в струе, которые сложно измерить в эксперименте. Показано, что в безразмерных переменных спектры в слое смещения рассмотренной сверхзвуковой струи оказываются подобны спектрам, наблюдаемым в дозвуковых струях.

Кроме того, для рассматриваемой струи в ходе расчета с помощью метода Фокса Уильямса-Хоукинса были получены характеристики шума в дальнем акустическом поле, в том числе, в направлении вверх по потоку, для которого провести измерения в заглушенной камере затруднительно. Было выполнено разложение акустического поля на азимутальные моды, и проанализированы направленности для различных диапазонов частот и спектры отдельных азимутальных компонент. Показано, что в зоне перекрытия параметров расчета и эксперимента между ними имеет место приемлемое согласие, поэтому результаты численного моделирования могут быть использованы для детального анализа характеристик звукового поля рассматриваемой струи, и, в результате — выявить его сложную структуру и сделать выводы об особенностях механизмов генерации шума в рассматриваемой струе.

Работа подготовлена в рамках реализации Программы создания и развития научного центра мирового уровня «Сверхзвук» на 2020-2025 годы при финансовой поддержке Минобрнауки России (соглашение от 17 мая 2022 г. № 075-15-2022-1023).

Метод расчёта механического взаимодействия частиц с поверхностью спутника сложной формы в разреженной атмосфере

Мухачев Б.О.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Ткачев С.С.

ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, Москва

Моделирование движения космического аппарата (КА) на низких околоземных орбитах требует расчета силы и момента, обусловленных взаимодействием поверхности спутника с набегающим потоком. Для аппаратов с небольшим баллистическим коэффициентом и простой формой для описания этих величин, как правило, оказывается достаточно относительно простой модели. В случае же, когда КА обладает большой парусностью и/или имеет сложную форму, возникает необходимость разрабатывать более сложную модель, которая учитывает и форму, и разный характер взаимодействия набегающего потока с поверхностью КА. Работа посвящена разработке и программной реализации такой модели.

Полагается, что движение происходит на высотах от 200 км, поэтому течение полагается свободномолекулярным, а взаимодействие — диффузно-зеркальным.

Работа посвящена расчёту сил и моментов, возникающих при взаимодействии частиц набегающего потока с поверхностью спутника. Используется метод триангуляции поверхности, то есть поверхность спутника разбивается на треугольники, для каждого из которых рассчитываются искомые величины в явном виде.

Общая методика состоит из нескольких стадий и реализована в программной среде MATLAB. Сначала загружается информация о форме тела в виде набора треугольников и задается сетка возможных направлений набегающего потока в виде икосферы. Далее в каждом узле сетки вычисляются искомые величины, которые представляют собой силу и момент аэродинамического сопротивления, вычисленных для всех треугольников, обращенных в сторону заданного вектора набегающего потока. Вычисление искомых величин для произвольного направления осуществляется с помощью линейной интерполяции. Разработанная методика адаптирована для проведения высокопроизводительного моделирования углового и орбитального движения КА на низких околоземных орбитах.

В качестве примеров в работе рассмотрены сфера единичного радиуса и типичная модель спутника с солнечными панелями и антенной.

Список используемых источников:

1. Белецкий В.В., Яншин А.М. Влияние аэродинамических сил на вращательное движение искусственных спутников. 1984.
2. Robert J. Renka. Interpolation of Data on the Surface of a Sphere. 1984 // <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/2701.2703>.

Применение нейросетей для анализа и прогнозирования прочности стержневых конструкций

Огарков Г.Е.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Троицкий А.Н.
ТулГУ, Тула

В работе изучается возможность применения нейросетевых технологий в решении прочностных задач в целях дальнейшего использования в оптимизации расчета конструкций. В рамках данного исследования рассматривается задача прогиба двухмерного стержня со жесткой заделкой с одной стороны и приложенной силой снизу-вверх, с другой стороны. В качестве обучающих данных задавались координаты точек стержня по осям x и y , значения напряжений в этих точках и величину приложенной силы. В дальнейшем планируется использовать результаты, получаемые методом конечных элементов.

Учитывая сложность взаимосвязи между координатами точек стержня и напряжениями в них, обусловленной приложенной силой, в работе используется глубокая нейронная сеть (DNN). DNN представляет собой класс нейронных сетей, состоящих из множества слоев и способных решать широкий спектр задач, включая классификацию, распознавание образов, обработку естественного языка и другие. Отличительной особенностью DNN является наличие большого количества слоев, обычно от нескольких до десятков, и возможность обучения на большом объеме данных.

После обучения нейросеть определила закономерность между координатами точек и напряжения от приложенной силы, после чего предсказала прогиб стержня от новой приложенной силы. При сравнении результатов расчетов с физической моделью наблюдается расхождение, что требует настройки и коррекции работы нейронной сети.

Использование нейросетей для решения прочностных задач является лишь одним из возможных применений. В дальнейшем, на основе данного подхода, можно реализовать оптимизацию деталей путем добавления или удаления материала для сокращения затрат и уменьшения массы конструкции. Методика решения прочностных задач с применением нейросетей представляет интерес для инженеров и проектировщиков, так как способна существенно ускорить расчеты и снизить затраты на производство.

Расчётное исследование влияния нестационарного изменения температурного фактора на аэродинамическое сопротивление модели с протоком

Павлов Д.А., Алибаев А.Ф., Нечипорук С.Ю.

ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова», Москва

Одной из основных проблем проведения расчетных исследований аэротермодинамических характеристик моделей высокоскоростных летательных аппаратов, интегрированных с проточным трактом силовой установки, является валидация математических моделей высокого уровня [1, 2], т.е. подтверждение адекватности математической модели моделируемому объекту [3]. Для этих целей предполагается разработка и создание осесимметричной валидационной аэродинамической модели с протоком (ОВАМП).

Известно [4], что обтекание тел, состоящих из геометрических примитивов, совершенным газом характеризуется системой критериев подобия, включающей, помимо условия геометрического подобия, числа Маха набегающего потока M , числа Рейнольдса Re , так же и температурный фактор $\psi = T_w/T_o$. При этом в действительности тепловые процессы существенно нестационарны (характерное время 10...100 мкс).

В настоящей работе приведено численное исследование нестационарного изменения температурного фактора для сопряженной задачи теплообмена на интерфейсной границе «газ-твёрдое тело» для ОВАМП с учетом конструктивных элементов. Приведено сопоставление результатов, полученных с использованием аппроксимационных соотношений для конвективного нагрева поверхности. В данной постановке аэротермодинамического анализа радиационный нагрев не учитывался.

Результатом изменения температурного фактора в указанном диапазоне стало существенное изменение интегрального значения аэродинамического сопротивления модели с протоком. Показано, что основой такого поведения является изменение уровня теплоотвода и последующая качественная перестройка структуры течения во внутреннем тракте.

Список используемых источников:

1. Бузулук В.И. Оптимизация траекторий движения аэрокосмических летательных аппаратов: монография // ЦАГИ. — М.; Жуковский, 2008.
2. Калугин В.Т., Мордвинцев Г.Г., Попов В.М. Моделирование процессов обтекания и управления аэродинамическими характеристиками летательных аппаратов // МГТУ им. Н. Э. Баумана. — М.; Москва, 2011.
3. ГОСТ Р 57188-2016. Численное моделирование физических процессов.
4. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. Наука, Москва, 1976.

Исследование влияния концентрации напряжений на усталостную долговечность конструкционного материала

Угольников М.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ильиных А.В.

ПНИПУ, Пермь

В различных деталях присутствуют концентраторы напряжений, обусловленные наличием резких геометрических переходов и различных соединений. При определенных условиях в концентраторах напряжений возникает сложное напряженное состояние, что в свою очередь может привести к существенному снижению усталостной долговечности материала [1, 2]. Изучение изменения напряжённого состояния в условиях концентрации напряжений является ключевой задачей для понимания механизмов повреждения и разрушения деталей в процессе длительной эксплуатации. Это, в свою очередь, позволяет научно обоснованно прогнозировать срок службы и остаточный ресурс различных изделий до капитального ремонта или замены.

В работе было проведено численное моделирование образца из конструкционного материала с различными видами концентраторов напряжений. С помощью программного

пакета ANSYS workbench было выявлено, что при наличии более двух концентраторов напряжений, опасным в определенных условиях будет тот в котором реализуется сложное напряженное состояние, этот факт также подтверждается натурным экспериментом. Таким образом, численное моделирование подтвердило, что наиболее опасным концентратором в определенных условиях будет тот в котором образуется сложное напряженное состояние.

Актуальной задачей современной механики является прогнозирование усталостной долговечности в условиях сложного напряженного состояния. Существует множество подходов к прогнозированию усталостной долговечности в условиях сложного напряженного состояния, например, модели усталостной долговечности в условиях сложного напряженного состояния. В следующих исследованиях будет рассмотрена модель, основанная на напряжениях, Модифицированная модель Саинса [3, 4], позволяющая учитывать кривые усталости при растяжении и кручении, постоянные нормальные и сдвиговые напряжения, различные частоты нагружения. Но перед этим необходимо пройти множество этапов, включающих в себя: эксперименты на статическое растяжение и кручение, построение кривых усталости и численное моделирование.

Список используемых источников:

1. Liu Y.J., Kang G.Z., Gao Q. Stress-based fatigue failure models for uniaxial ratcheting-fatigue interaction // *International Journal of Fatigue*. — 2008. — Vol. 30. — P. 1065–1073.

2. Htoo A.T., Miyashita Y., Otsuka Y., Mutoh Y., Sakurai S. Variation of local stress ratio and its effect on notch fatigue behavior of 2024-T4 aluminum alloy // *International Journal of Fatigue*. — 2016. — Vol. 88. — P. 19–28.4.

3. Экспериментальные исследования усталостного поведения материалов при многоосных циклических воздействиях : монография / В.Э. Вильдеман, А.В. Ильиных, А.С. Янкин, А.В. Лыкова, А.И. Мугатаров. — Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. Ун-та, 2022 — 113 с.

4. A.S. Yankin, A.I. Mugatarov, V.E. Wildemann, Influence of different loading paths on the multiaxial fatigue behavior of 2024 aluminum alloy under the same amplitude values of the second invariant of the stress deviator tensor, *Frattura ed Integrità Strutturale*, 55 (2021) 327–335.

Секция №7.3 Теоретическая механика и дифференциальные уравнения

Проектирование семейства плоских орбит Ляпунова, связанных с треугольной точкой либрации L5

Бажан Д.И., Суслов К.С.

МФТИ, Долгопрудный

На сегодняшний день одной из основных проблем в мониторинге солнечной активности является сложность получения качественных долгосрочных и среднесрочных прогнозов. На текущий момент возмущения в межпланетной среде, как правило, регистрируются не более чем за 60 минут до достижения ими Земли. Связано это в первую очередь с тем, что основная часть космических аппаратов (КА), занимающаяся сбором соответствующих данных, находится либо на околоземной орбите, либо в точке L1 системы «Солнце-Земля». Однако размещение КА в точке либрации L5 способно кардинально изменить текущую ситуацию. За счёт изучения участков поверхности Солнца, скрытых для наблюдения КА, находящихся в относительной близости от Земли, качество долгосрочных и среднесрочных прогнозов может значительно возрасти [1].

В данной работе рассматривается семейство плоских периодических траекторий, связанных с точкой либрации L5 в рамках круговой ограниченной задачи трёх тел. Основной целью является получение баз данных орбит из соответствующего семейства для систем «Солнце-Земля» и «Земля-Луна». Построение проводится при помощи методов дифференциальной коррекции и продолжения по параметру [2] от положения равновесия в точке L5 до пересечения с семейством плоских орбит Ляпунова, связанных с коллинеарной точкой либрации L3. Каждой орбите ставится в соответствие своё значение параметра, вектор начальных условий из фазового пространства, период, константа Якоби и мультипликаторы Флоке.

Полученные значения начальных условий и периодов можно использовать для получения произвольных орбит из рассматриваемого семейства, а значения константы Якоби и показателей Флоке для проектирования перелётов и разработки алгоритмов поддержания орбит.

Список используемых источников:

1. Богачев С.А., Карелин А.В., Кузин С.В. [и др.]. Рационализация задач и оптимизация комплекса аппаратуры космического аппарата в точке Лагранжа L5 для мониторинга геоэффективных процессов солнечной активности // Космонавтика и ракетостроение. 2020. №4 (115). С. 108-123.
2. Gómez G., Simó C., Llibre J. [et al.]. Dynamics and Mission Design Near Libration Points. Volume II: Fundamentals: The Case of Triangular Libration Points. — Singapore: World Scientific Publishing, 2001.

Влияние способа задания граничных условий для твердотельных элементов в сопряженных расчётах

Бобкова Д.Р.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Чечет И.В.

Самарский университет, Самара

Двигатели летательных аппаратов постоянно совершенствуются с точки зрения улучшения их рабочих характеристик. Крайне важна разработка новых конструктивно-технологических решений, которые позволят обеспечить стабильную и безопасную работу всех узлов двигателя. Одним из таких узлов является камера сгорания. В настоящее время двигатели работают при высоких параметрах цикла, поэтому важно грамотно распределять хладоресурс для предотвращения прогара стенок жаровой трубы в камерах сгорания [1].

При разработке камеры сгорания необходимо правильно моделировать и задавать в расчетах граничные условия для твердотельных элементов, чтобы провести анализ теплового состояния стенок жаровой трубы. В частности, правильное определение теплового состояния позволяет более точно определить выходные характеристики камеры сгорания.

Для определения влияния различных способов задания граничных условий в качестве исходных данных была выполнена модель стенки жаровой трубы с двумя каналами: внутренним и внешним. Во внутреннем канале протекает горячий воздух температурой 2000 К, во внешнем канале — охлаждающий воздух температурой 950 К, что соответствует температурным режимам современных камер сгорания. Исследуемый элемент стенки жаровой трубы выполнен в виде перфорированной плитки с шестью рядами отверстий диаметром 1,5 мм, толщина стенки 1,5 мм, длина и ширина 48 мм.

Происследовано несколько способов задания граничных условий для твердотельных элементов. За базовый вариант расчета была принята модель с металлической плиткой, толщиной 1,5 мм. Далее эта плитка была разделена на два тела, каждое толщиной по 0,75 мм. На следующем этапе к базовому варианту в Ansys Fluent при использовании моделирования поверхности с помощью модели «Shell» был задан слой керамического покрытия толщиной 0,5 мм на металлической стенке с горячей стороны. Затем, при помощи этого же способа, было задано 5 слоев керамического покрытия толщиной 0,1 мм. Далее слой керамики толщиной 0,5 мм был смоделирован отдельным телом и посчитан совместно с базовым вариантом. Также была выполнена модель без плитки, где на границе двух каналов с помощью модели «Shell» был сначала задан металлический слой толщиной 1,5 мм, а затем к этому слою был задан слой керамического покрытия толщиной 0,5 мм.

Сопряженный расчет проводился в программе Ansys Fluent. Материал плитки был выбран ЭИ868 (ХН60ВТ). При задании металла и керамики учитывались значения теплопроводности в зависимости от температуры.

За параметр эффективности было принято значение η , которое определяется как отношение разницы температуры горячего воздуха на входе и средней температуры стенки с горячей стороны к разнице между значениями температур горячего и холодного воздуха [2, 3]. Приведено сравнение полей температур и значений параметров эффективности при разных вариантах задания граничных условий для теплозащитного покрытия. Даны рекомендации по способу задания граничных условий для твердотельных элементов в сопряженных расчетах.

Список используемых источников:

1. А. Лефевр. Процессы в камерах сгорания ГТД: Пер. с англ. — М. // Мир, 1986. — 566 с., ил.
2. Tan Xiao-ming, Zhang Jing-zhou, Xu Hua-sheng. Experimental investigation on impingement/effusion cooling with short normal injection holes// International Communications in Heat and Mass Transfer [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S073519331500202X> (дата обращения 22.02.2024)
3. Mohamed G. Ghorab. Film cooling effectiveness and heat transfer analysis of a hybrid scheme with different outlet configurations// International Communications in Heat and Mass Transfer [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431113006972> (дата обращения 22.02.2024)

Исследование движения мобильного робота по плоскости с подвижной внутренней массой под действием мотора и вязкого трения

Гудков И.С.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Беличенко М.В.

МАИ, Москва

В наше время мобильные роботы выполняют множество задач, например, задачи доставки и наблюдения. Движущиеся части робота (колёса, лопасти, ноги) подвержены множеству повреждающих факторов внешней среды: грязь может налипнуть на колёса, изменив динамику системы, песок может попасть в оси и привести к износу, взвесь твёрдых частиц в

воздухе может повредить лопасти. Вызывает интерес конструирование роботов без внешних движителей, выполненных в виде единого запаянного корпуса и способного выполнять задачи в агрессивных средах.

Корпус такого робота может быть приведён в движение с помощью подвижных массивных внутренних элементов. Движение таких систем исследовалось в работах Б. С. Бардина, А. С. Панёва и Ф. Л. Черноусько. В этих работах исследуется движение робота по шероховатой плоскости в случае движения внутренней массы по окружности с постоянной угловой скоростью [2] или вдоль прямой по гармоническому закону. Выявлены различные типы движения корпуса в зависимости от параметров задач.

В данной работе рассматривается задача о движении робота по шероховатой плоскости при движении внутренней массы по окружности. Движение подвижной массы обусловлено действием мотора, дающего постоянный момент, и момента вязкого сопротивления.

Рассматриваемая система имеет две степени свободы. Были получены уравнения движения системы, зависящие от двух безразмерных параметров — коэффициента трения и соотношения масс корпуса и подвижной точки, а также от момента двигателя и коэффициента сопротивления движению точки.

Внутренняя масса в такой постановке задачи двигается неравномерно, причём чем меньше значения момента двигателя и сопротивления, тем более неравномерно её движение. В данной работе было исследовано влияние этой неравномерности движения внутренней массы на движение корпуса, потому выбраны несколько пар значений момента двигателя и коэффициента сопротивления. Для этих пар значений были построены диаграммы типов движения в плоскости параметров коэффициента трения и соотношения масс. Движения классифицированы по количеству остановок и по направлению движения.

Получено, что при больших значениях момента двигателя и коэффициента трения диаграмма типов движения приближается к диаграмме, полученной для случая равномерного движения точки [2]. При уменьшении значений момента двигателя и коэффициента сопротивления на диаграммах сужается область с двумя остановками, при этом расширяется область с одной остановкой. Также, при уменьшении параметров, область без остановок в окрестности большого коэффициента трения постепенно заменяется областью полного покоя. В области малых значений коэффициента трения диаграммы практически идентичны на всех парах параметров.

Список используемых источников:

1. Маркеев А.П. Теоретическая механика: Учебник для университетов. 3-е изд.— М.; Ижевск: РХД, 2007. — 592 с.
2. Панёв А.С., Исследование движения тела горизонтальной плоскости под влиянием перемещения внутренней массы. // Труды МАИ.

Мониторинг состояния линий электропередач при помощи квадрокоптера

Дорофеев С.В.

Научный руководитель — к.ф-м.н. Сухов Е.А.

МАИ, Москва

В условиях постоянного роста энергопотребления важно поддерживать бесперебойную работу модулей энергетической инфраструктуры. Неблагоприятные климатические и погодные факторы могут приводить к ускоренному износу и повреждению элементов линий электропередачи, поэтому тысячи километров сети требуют регулярной диагностики для выявления неисправностей на ранних этапах. Поскольку наземные инспекции — долгий и трудозатратный процесс, сопряжённый с рисками для персонала, всё чаще осмотр ЛЭП производят при помощи подвесных роботов и воздушной техники — вертолётов и дронов, способных работать в том числе и в труднодоступной местности. Немаловажную роль в мониторинге играет и применение технологий компьютерного зрения, позволяющее значительно ускорить процесс проведения диагностики благодаря автоматической сегментации дефектов компонентов опор ЛЭП.

Целью данной работы является реализация и симуляция системы, состоящей из квадрокоптера и инструментов компьютерного зрения, а также оценка эффективности алгоритмов на основе глубокого обучения в задаче визуального обследования электросетей.

С помощью уравнений Ньютона-Эйлера были получены дифференциальные уравнения, описывающие динамику аппарата. Поскольку задание вращений в трехмерном пространстве с помощью углов Эйлера может привести к проблеме «складывания рамок» и более затратно с точки зрения вычислений, за основу было взято кватернионное представление ориентации коптера. Реализовано управление, стабилизирующее траекторию летательного аппарата для следования вдоль кривой, сформированной из ключевых точек.

С применением веб-технологий react и flask и языка программирования python был разработан программный комплекс симуляции полета и численного моделирования динамики четырёхвинтового коптера, представляющий собой интерактивный графический интерфейс. Функционал интерфейса позволяет пользователю прокладывать маршрут, осуществлять визуализацию траектории движения и получать результаты обработки изображения с камеры устройства.

Список используемых источников:

1. Nguyen, Van & Jenssen, Robert & Roverso, Davide. (2019). Intelligent Monitoring and Inspection of Power Line Components Powered by UAVs and Deep Learning. IEEE Power and Energy Technology Systems Journal. PP. 1–1. 10.1109/JPETS.2018.2881429.
2. Krizhevsky, Alex & Sutskever, Ilya & Hinton, Geoffrey. (2012). ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. Neural Information Processing Systems. 25. 10.1145/3065386.
3. Redmon, Joseph & Divvala, Santosh & Girshick, Ross & Farhadi, Ali. (2016). You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. 779–788. 10.1109/CVPR.2016.91.
4. LeCun, Yann & Bengio, Y. & Hinton, Geoffrey. (2015). Deep Learning. Nature. 521. 436–44. 10.1038/nature14539.

Методика определения безопасных орбит в околоземном пространстве для предотвращения столкновений с космическими объектами

Забара И.Д.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Широбоков М.Г.

МФТИ, Москва

В настоящее время в связи с увеличением космического мусора, отработанных ступеней ракет, вышедших из строя спутников и их фрагментов актуальной и особенно важной становится задача обеспечения безопасности полета космических аппаратов. Такие «опасные» объекты создают серьезный риск для космических аппаратов, поскольку даже малые фрагменты, летящие с большой относительной скоростью, могут нанести значительный урон действующим космическим системам.

Многие исследования, затрагивающие тему обеспечения безопасности полетов (например, [1, 2]), фокусируются на особенностях маневрирования в целях предотвращения столкновений. Обычно, в этих работах цель оптимизации заключается в минимизации затрат топлива на импульсные маневры для изменения орбиты.

В данном же исследовании предлагается геометрический подход к определению безопасных орбит. А именно, мы абстрагируемся от того, в какие моменты и с какой величиной производятся импульсы скорости, и ставим оптимизационную задачу поиска орбиты, которая 1) минимально отличалась бы от исходной орбиты, 2) обеспечивала бы заданное минимальное расстояние до опасных орбит. Минимальное изменение орбитальных элементов обусловлено необходимостью сохранения возможности удовлетворения целей миссии, функциональности полезной нагрузки космического аппарата, включая работу научного оборудования, систем связи и навигации. Под расстоянием между двумя орбитами понимается теоретически минимальное расстояние между объектами, движущимися на данных орбитах, или, другими словами, расстояние в координатном пространстве между

ближайшими точками на этих орбитах. Орбиты, удовлетворяющие пункту 2, называются нами «безопасными орбитами».

Минимальное расстояние между орбитами связывается нами с навигационной неопределенностью положений и скоростей объектов на опасных орбитах. Для этого с помощью методов автоматического дифференцирования [3] строится на нескольких витках траектория движения объекта на опасной орбите и автоматически формируется формула Тейлора заданного порядка для конечного положения объекта как функция его начальных условий. Эта формула Тейлора далее используется в испытаниях Монте-Карло для определения разброса положения объекта в конечный момент времени и оценки максимального отклонения от опасной орбиты. Эта оценка максимального отклонения далее используется как требуемое минимальное расстояние, которое следует обеспечить между новой орбитой и опасной орбитой. Применение формул автоматического дифференцирования в связке с методом Монте-Карло обладает высокой производительностью и помогает сохранить точность моделирования в контролируемых пределах.

В первой части работы ставится и решается задача оптимизации для заданных исходной орбиты, множества опасных орбит и заданного минимального расстояния до опасных орбит. Описывается применяемый метод внешних штрафных функций для решения возникающей задачи оптимизации методами Нёлдера–Мида и Пауэлла [4]. Во второй части работы устанавливается связь между уровнем навигационной неопределенности, выраженным в терминах среднеквадратического отклонения положения и скорости объекта на опасной орбите, и максимальным разбросом по положению через один, два и три витка. Работа с методами автоматического дифференцирования выполняется с помощью Python-библиотеки daceury [5]. Приводятся результаты и демонстрация численных исследований для низких орбит, солнечно-синхронных орбит и орбит типа «Молния».

Список используемых источников:

1. Bombardelli C., Hernando-Ayuso J. Optimal impulsive collision avoidance in low earth orbit // Journal of Guidance, Control, and Dynamics. 2015. Vol. 38, No. 2. P. 217–225.
2. Topputo F., Zhang C. Survey of direct transcription for low-thrust space trajectory optimization with applications // Abstract and Applied Analysis. Hindawi, 2014. Vol. 2014. P. 1–15.
3. Di Lizia, P., Armellin, R., Zazzera, F. B., Berz, M. High order expansion of the solution of two-point boundary value problems using differential algebra: applications to spacecraft dynamics // Fields Institute Communications. 2008.
4. Официальный сайт программной библиотеки SciPy. URL: <https://scipy.org/> (дата обращения: 25.02.2024).
5. Страница Python-оболочки библиотеки набора вычислительных инструментов для дифференциальной алгебры daceury. URL: <https://github.com/giovannipurpura/daceury> (дата обращения: 01.02.2024).

Анализ движения твёрдого тела относительно неподвижной точки с использованием переменных Андуайе – Депри

Коломиец Е.С.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Игнатов А.И.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

В работе рассматривается классическая задача движения твердого тела относительно неподвижной точки (центра масс) [1], иначе называемого сферическим движением твердого тела. Массово-инерционные характеристики тела задаются главными центральными моментами инерции, не равными между собой. В общем случае такое движение описывается системой динамических уравнений Эйлера, записываемых в проекциях на оси жестко связанной с телом системы координат, образованной его главными центральными осями инерции. Изменение ориентации связанной с телом системы координат относительно некоторой выбранной инерциальной системы координат описывается с помощью уравнений Пуассона (система уравнений Эйлера–Пуассона [2]). В работе рассмотрено свободное

движение тела (случай Эйлера – Пуансо), а также эволюция его движения [3] под влиянием потенциального силового поля (в частности, гравитационного поля Земли). В случае движения Эйлера – Пуансо начальные условия уравнений движения задаются таким образом, что рассматриваемое твердое тело совершает движение, соответствующее движению его эллипсоида инерции по сепаратрисе (согласно геометрической интерпретации Пуансо). Под воздействием потенциального силового поля при тех же начальных условиях тело совершает движение близкое к движению по сепаратрисе, к подобным движениям тела относятся и «эффект Джанибекова». Чтобы численно промоделировать такие движения удобнее всего использовать переменные Андуайе – Депри [2, 4, 5], что связано с достижением необходимой точности численного интегрирования уравнений движения. Однако недостатком использования канонических уравнений движения в переменных Андуайе – Депри является их довольно громоздкая форма записи.

В работе показан переход от уравнений движения в форме Эйлера – Пуассона к уравнениям движения в гамильтоновой форме и далее переход к уравнениям движения в канонических переменных Андуайе – Депри. Приведены соотношения для пересчета начальных угловых скоростей и углов ориентации тела в начальные значения переменных Андуайе – Депри. Для случая движения тела под воздействием потенциального силового поля приведены аналитические зависимости для расчета частных производных силовой функции поля по переменным Андуайе – Депри, используемых в уравнениях движения записанных в канонической форме. Также в представленной работе, для элементов матрицы направляющих косинусов, определяющей ориентацию жестко связанной с рассматриваемым телом системы координат относительно инерциальной системы координат, получены аналитические зависимости от переменных Андуайе – Депри.

В работе приведены результаты численного моделирования движения твердого тела в обоих рассмотренных случаях. Моделирование движения проводилось с помощью пакета Matlab Simulink. В качестве результатов представлены графики зависимостей от времени компонентов вектора угловой скорости, углов ориентации тела относительно осей выбранной инерциальной системы координат и показаны кривые на фазовом портрете системы в переменных Андуайе – Депри, отвечающие обоим случаям рассматриваемого движения.

Список используемых источников:

1. Виттенбург И. Динамика систем твердых тел. Москва, Изд-во «Мир», 1980, 292 с.
2. Архангельский Ю.А. Аналитическая динамика твердого тела. Москва, Изд-во «Наука», 1977, 328 с.
3. Черноусько Ф.Л., Акуленко Л.Д., Лещенко Д.Д. Эволюция движения твердого тела относительно центра масс. Москва, Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2015, 308 с.
4. Садов Ю.А. Переменные действие — угол в задаче Эйлера — Пуансо. Препринт ИПМ им. М.В. Келдыша АН СССР, № 22, 1970, 28 с.
5. Козлов В.В. Геометрия переменных «действие — угол» в задаче Эйлера — Пуансо. Вестник Московского университета, №5, 1974, с. 74–79.

Прочность горизонтального тяжёлого упругого изотропного цилиндра, находящегося под действием неравномерного внешнего давления

Коуров Р.Н., Демус М.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Зайцев А.В.

ПНИПУ, Пермь

Исследовано напряженно-деформированное состояние находящегося в равновесии бесконечного вдоль образующей полого толстостенного тяжелого линейно упругого изотропного цилиндрического тела. Предполагалось, что внутренняя боковая поверхность свободна от напряжений и незакреплена. На внешней незакрепленной поверхности задано неравномерно распределенное давление, симметричное относительно вертикальной диаметральной плоскости, которое является реакцией основания. Характер внешнего силового воздействия и бесконечная протяженность цилиндра позволяют пренебречь

торцевыми эффектами. Поэтому перемещения (радиальное и окружное), нормальные (радиальные, окружные и осевые) и касательные напряжения и деформации являются функциями радиальной и окружной координаты. Это существенно упрощает задачу.

Характер симметрии нагрузки и рассматриваемого цилиндрического тела обуславливают запись решения системы уравнений Ламе бесконечным тригонометрическим рядом по окружной координате с записью коэффициентов разложения в виде обобщенных степенных рядов по радиальной координате [1–4]. Каждому слагаемому разложения n соответствует своя система обыкновенных дифференциальных уравнений. Было показано, что первое слагаемое разложения позволяет учесть в решении исходной задачи гравитационные силы. В этом случае внешняя неоднородная нагрузка интегрально соответствует весу цилиндрического тела, а система обыкновенных дифференциальных уравнений неоднородна. Нулевое слагаемое и слагаемые с порядком, большим единицы, соответствуют самоуравновешивающейся системе внешних сил. Это приводит к однородным системам.

Будем предполагать, что площадь контактной поверхности цилиндра и основания известна и неизменна, а реакция основания — квадратичная функция окружной координаты. На части внешней поверхности тела, не имеющей общих точек с основанием, боковое давление принимается равным нулю. Рассмотрены отношения «неуत्ченной» работы (связанной с невязкой заданных сил и сил, получаемых из решения систем дифференциальных уравнений) на реальных радиальных перемещениях и «истинной» работы внешних сил на реальных радиальных перемещениях точек внешней боковой поверхности. Доказана сходимость решения при количестве слагаемых разложения, превышающем 20, по квадратичной норме гильбертового пространства.

На основании полученного аналитического решения проанализировано распределение напряжений, деформаций и перемещений в поперечных сечениях цилиндра. Проведена оценка прочности с учетом механизмов возможного истощения несущей способности конструкции от всестороннего растяжения (сжатия) и формоизменения, характерных для изотропного тела. Обнаружены области материала, наиболее подверженные разрушению по указанным выше механизмам.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ–Урал № 19–41–590026).

Список используемых источников:

1. Кузнецов Г.Б. Упругость, вязкоупругость и длительная прочность цилиндрических и сферических тел. М.: Наука, 1979. 112 с.
2. Зайцев А.В., Кислицын А.В. Об одном решении задачи Ламе для составного протяженного элемента конструкции, состоящего из посаженных с натягом толстостенного transversально-изотропного внешнего цилиндра на соосный изотропный внутренний // Вестник Самарского гос. техн. ун-та. Физико-математические науки. 2007. № 1 (14). С. 164–167.
3. Зайцев А.В., Кутергин А.В. Упругое равновесие тяжелого горизонтального толстостенного ортотропного цилиндра, находящегося под действием неравномерно распределенного бокового давления // Вестник ПНИПУ. Механика. 2010. № 4. С. 36–45.
4. Зайцев А.В., Кислицын А.В., Кутергин А.В., Фукалов А.А. Распределение напряжений в поперечных сечениях контейнеров из стеклопластика и полимербетона, используемых для длительного хранения высокоагрессивных сред // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14, № 4–5. С. 1230–1234.

Исследование движения твёрдого тела с полостью, заполненной вязкой жидкостью, относительно центра масс асимптотическими методами

Луценко Е.А.

Научный руководитель — к.т.н. Алексеев А.В.

Самарский университет, Самара

Одним из приложений проблемы движения систем твердых тел, содержащих полости с жидкостью, является необходимость учета влияния топлива на пространственное движение ракетно-космических систем, в которых объем топлива может быть весьма существенным. Кроме того, при наличии вращений твердого тела жидкость увлекается в движение с некоторым запаздыванием, что влияет на распределение кинетического момента внутри

системы. Одним из первых подобную задачу удалось решить Ф.Л. Черноусько [1], методы которого применяются и в данной работе для построения уравнений движения.

В качестве математической модели движения взяты дифференциальные уравнения движения динамически асимметричного твердого тела со сферической полостью, заполненной вязкой жидкостью, относительно общего центра масс [2]. В исследованиях принято, что порядки малости параметров, характеризующих большую вязкость жидкости и динамическую асимметрию, одинаковы.

Данная работа является логическим продолжением и обобщением материалов, представленных в [4], в которой приведены точные и приближенные аналитические зависимости параметров движения системы от времени. Точные решения в [3] получены для ограниченного случая полной динамической симметрии. Динамическая асимметрия позволила найти приближенное решение асимптотическим методом Пуанкаре [2], недостатками которого является громоздкость полученных выражений и возникновение резонанса при нахождении поправок. В данной работе получено приближенное аналитическое решение тех же уравнений с помощью метода Ван-дер-Поля, который лишен отмеченных недостатков. Для проверки правильности построены графики зависимостей проекций угловой скорости твердого тела от времени, полученные численно и аналитически разными методами, проведена оценка погрешностей.

В результате исследований сделан вывод о большей точности метода Пуанкаре по сравнению с методом Ван-дер-Поля на малых интервалах времени, но методом Ван-дер-Поля получаются более приемлемые для качественного анализа выражения.

Список используемых источников:

1. Черноусько Ф.Л. Движение твердого тела с полостями, содержащими вязкую жидкость. М.: Изд. ВЦ АН СССР, 1968. 250 с.
2. Алексеев А. В. Аналитическое решение динамических уравнений движения твердого тела с жидкостью большой вязкости // Вестник БГУ. Математика, информатика. 2022. №4. С. 30–37.
3. Алексеев А. В., Луценко Е. А. Приближенное решение уравнений движения динамически несимметричного тела с вязкой жидкостью // Вестник БГУ. Математика, информатика. — 2023. №3. С. 53–61.

Оптимизация функции управления с одним пассивным участком для межпланетного перелёта в перспективной миссии к Марсу

Моргунов Н.В.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Широбоков М.Г.

МФТИ, Долгопрудный

На сегодняшний день существует тенденция распространения межпланетных малых космических аппаратов массой до 300 кг. Они дешевле в производстве, а потому могут разрабатываться малыми научными группами, например, в университетах.

В любых космических миссиях стоит проблема уменьшения массы аппарата, а в миссиях малых аппаратов в связи с энергетическими и массовыми ограничениями эта проблема стоит наиболее остро. Сэкономленная масса может быть использована для полезной нагрузки. Для экономии массы малые космические аппараты часто снабжаются электроракетными двигателями установками (ЭРДУ), так как они обладают высоким удельным импульсом, а значит эффективнее тратят топливо. Однако, сложность применения ЭРДУ состоит в их низкой силе тяги. В этом случае управление на участке перелета является непрерывным, а задача оптимизации представляет собой сложную задачу поиска оптимального управления.

Решение задачи оптимального управления в астродинамике можно осуществлять двумя способами. Один из них, называемый непрямым методом, основан на использовании принципа максимума Понтрягина и сводит исходную задачу оптимального управления к двухточечной краевой задаче с сопряженными переменными [1]. Другой подход, называемый прямым, заключается в параметризации функции управления и сводит исходную задачу к

задаче нелинейного программирования, то есть к задаче оптимизации с ограниченным числом параметров [2]. У каждого из этих подходов есть свои преимущества и недостатки.

В данном исследовании изучается задача оптимального по затратам топлива управления для полета к Марсу с использованием прямого метода оптимизации. Используется модель двигателя с постоянной скоростью истечения. Оптимизируемой функцией является сила тяги. Из принципа максимума следует, что в каждый момент времени оптимальная сила тяги принимает либо максимальное значение, либо равна нулю.

В данной работе нас интересует подмножество управлений, переводящих аппарат между фиксированными точками на земной и марсианской орбите за фиксированное время, с одним пассивным участком. В этом случае задача оптимального управления состоит в максимизации продолжительности пассивного участка и поиске его расположения на участке перелета. Эта задача оптимизации решается так: начало и конец пассивного участка перебираются на заданной сетке значений или оптимизируются, и для каждой фиксированной пары значений начала и конца пассивного участка решается задача определения управления, переводящего аппарат с околоземной на марсианскую орбиту, с учетом соответствующего пассивного участка. При этом управление ищется сразу в классе кусочно-постоянных функций, вне пассивного участка для задания функции тяги используется полиномиальная модель.

В докладе подробно описывается методика оптимизации траектории. Исследуется изменение вектор-функции направления тяги в зависимости от продолжительности и расположения пассивного участка движения. Орбитальное движение моделируется с помощью ранее разработанного пакета KIAM Astrodynamics Toolbox [3]. Оптимизация функции тяги производится методом наименьших квадратов с помощью свободно распространяемой реализации в пакете SciPy на языке Python [4]. Приводятся результаты исследований, а также рекомендации и полезные наблюдения.

Список используемых источников:

1. Петухов В. Г. Метод продолжения для оптимизации межпланетных траекторий с малой тягой // Космические исследования. 2012. Т. 50. №. 3. С. 258-258.
2. Topputo F., Zhang C. Survey of direct transcription for low-thrust space trajectory optimization with applications // Abstract and Applied Analysis. Hindawi. 2014. V. 2014. P. 1-15.
3. KIAMToolbox // Страница программной библиотеки KIAM Astrodynamics Toolbox на GitHub (<https://github.com/shmaxg/KIAMToolbox>) Просмотрено: 04.03.2023.
4. SciPy // Официальный сайт программной библиотеки SciPy(<https://scipy.org/>)Просмотрено: 04.03.2023.

Компьютерное моделирование и визуализация регулярных прецессий динамически-симметричного спутника на круговой орбите, а также близких к ним движений на орбите малого эксцентриситета

Москаленко С.С.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Чекина Е.А.

МАИ, Москва

В данной работе рассматривается движение динамически симметричного спутника относительно притягивающего тела (планеты) на круговой и слабоэллиптических орбитах. Предполагается, что рассматриваемые тела (спутник и планета) являются абсолютно твердыми, массы их не изменяются с течением времени. Также предполагается, что движение спутника [1] относительно его центра масс не влияет на движение самого центра масс, так как линейные размеры спутника считаются малыми по сравнению с характерным размером орбиты. Таким образом, задача о движении спутника раскладывается на две подзадачи: классическая задача двух тел, определяющая движение центра масс спутника по орбите и задача о движении спутника относительно его центра масс.

Задача двух тел актуальна, поскольку это единственная задача динамики гравитирующих тел, не считая некоторых специальных случаев задачи трех тел, для которой мы имеем полное и общее решение. Кроме того, многие практические задачи орбитального движения могут

быть сведены в первом приближении к задаче двух тел. Задаче исследования движения спутника относительно его центра масс посвящено много работ, однако, исследования еще не полностью завершены.

Цель данной работы — написать программу в кроссплатформенной среде разработки компьютерных игр Unity, моделирующую и визуализирующую движение динамически симметричного спутника на круговой или слабозллиптической орбитах, используя методы численного интегрирования дифференциальных уравнений движения небесных тел. Данная программа позволит исследователям проще находить периодические движения спутника относительно его центра масс на слабозллиптических орбитах.

Инструментарий среды разработки Unity позволяет разрабатывать виртуальное окружение, в том числе и действующее в рамках определенных законов физики, после чего поместить в это окружение управляемый пользователем объект наделив его функциями интерактивного взаимодействия с окружающим пространством. Основными преимуществами Unity являются наличие визуальной среды разработки, межплатформенной поддержки и модульной системы компонентов. Движок использует для написания скриптов язык программирования C#.

Для интегрирования уравнений движения динамически симметричного спутника относительно его центра масс были запрограммированы методы интегрирования из семейства методов Рунге-Кутты [3, 4] такие как: классический метод, правило 3/8 4-ых порядков, три вложенных методов 4-5 порядка, также метод 7-8 порядка Дормана-Принца. Для нахождения эксцентрической аномалии из уравнения Кеплера были использованы следующие методы [2, 3]: разложение координат эллиптического движения по возрастающим степеням эксцентриситета, метод последовательных приближений итерации, и метод последовательных приближений по Денби.

Список используемых источников:

1. Маркеев А.П. Линейные гамильтоновы системы и некоторые задачи об устойчивости движения спутника относительно центра масс. — М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2009. — 396 с.
2. Дубошин Г.Н. Небесная механика. Основные задачи и методы. — 2 изд. — М.: «Наука», 1968. — 800 с.
3. Емельянов Н.В. Практическая небесная механика. — 2 изд. — М.: Физический факультет МГУ, 2018. — 270 с.
4. Авдюшев В.А. Численное моделирование орбит небесных тел. — Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2015. — 336 с.

Использование методов машинного обучения в задачах управления мехатронными системами

Нитаева В.А.

Научный руководитель — Беличенко М.В.

МАИ, Москва

В настоящее время во многих отраслях промышленности используются сложные мехатронные системы. В управлении подобными системами используются различные подходы. К таким подходам относятся управление с помощью ПИД-регуляторов, вычисление силовых воздействий через уравнения динамики, нейросетевое управление и др. [1].

Классические подходы к управлению обладают рядом ограничений, так, например, непосредственное решение системы уравнений, описывающих движение механической системы затруднительно, т.к. модели, описывающие движения таких систем, являются нелинейными и зависят от изменения параметров в течение времени. ПИД-контроллеры могут обеспечивать недостаточно точное управление в случае изменения трения в сочленениях или массы переносимого объекта, что требует внешнего экспертного вмешательства для адаптации к новым условиям. В свою очередь нейросетевой подход позволяет обойти

некоторые из этих ограничений и может быть применен, когда традиционные методы управления недостаточно эффективны или требуют сложной настройки.

В связи с этим целью рассматриваемой работы является исследование алгоритмов машинного обучения и оценка их применимости в решении задачи непрерывного управления динамической системой.

Несмотря на возросшую популярность сложных робототехнических систем, стремительное развитие и прозрачность реализации методов машинного обучения, часто применение этих методов ограничивается разрешением кинематики модели [2, 3]. В контексте управления механическими системами существует барьер для применения методов машинного обучения. В рамках данного исследования рассмотрено приложение методов машинного обучения к задаче движения плоского двухзвенового манипулятора. Рассматривая механическая система является упрощенной, и используется для оценки подхода нечеткого получения управляющих моментов, чтобы в будущем можно было применять этот подход, к более сложным механическим системам, для которых получение уравнений движения затруднительно.

В ходе работы была получена математическая модель системы в виде уравнений Лагранжа второго рода. Целевое движение робота манипулятора заключалось в перемещении хвата из некоторого заданного начального положения в заданное конечное. В исследовании рассматривалось два метода к получению управляющих крутящих моментов: обучение с подкреплением и принцип обучения с учителем. При использовании метода обучения с подкреплением наличие уже двух степеней свободы в системе привело к затруднению получения сходящегося алгоритма оптимизации выбора политики управления, в связи с чем ключевая роль в исследовании отдавалась использованию методов обучения с учителем. При рассмотрении принципа обучения с учителем для формирования обучающих данных было принято решение использовать генерацию оптимальных траекторий. Такой подход позволяет накладывать ограничения на скорость, ускорение и рывок при движении манипулятора. В качестве оптимальной траектории использовалась циклоидальная траектория [4] из-за ее непрерывной кривой ускорения, которая равна нулю в начале и в конце, что исключает рывки и обеспечивает плавное манипулирование объектом.

Результатом исследования является разработанное нейросетевое решение, позволяющее рассчитывать управляющие воздействия в любой момент времени на основе заданных начального и конечного положений сочленений манипулятора.

Список используемых источников:

1. Борисов О.И., Громов В.С., Пыркин А.А. Методы управления робототехническими приложениями // Учебное пособие. — СПб.: Университет ИТМО, 2016. — 108 с.
2. Толстых А.А., Ступников Д.С., Малюков С.В., Лукьянов А.С., Лунёв Ю.С. «Применение метода обучения с подкреплением в роботизированных и автоматизированных системах лесной промышленности» // Лесотехнический журнал 1/2020, DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.1/19
3. Malik A., Lischuk Y., Henderson T., Prazenica R. "A Deep Reinforcement-Learning Approach for Inverse Kinematics Solution of a High Degree of Freedom Robotic Manipulator" // Robotics, 2022, vol. 11, no. 2, pp. 44-57. <https://doi.org/10.3390/robotics11020044>
4. Aljawi A.A.N., Diken H., Alshahrani S.A. "Selection of a Trajectory Function for Minimum Energy Requirements of a Spherical Robot" // JKAU: Eng. Sci., vol. 15, no. 2, pp. 99-110 (2004 A.D./1425 A.H.)

Изучение движения космических аппаратов на квазиспутниковых орбитах системы Марс–Фобос

Романенко А.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Асланов В.С.

Самарский университет, Самара

Изучение спутника Марса Фобоса представляет большой научный интерес, поскольку оно позволяет выяснить механизмы формирования не только самого спутника, но и Солнечной системы в целом. Важное значение при проектировании и выполнении миссий к Фобосу имеют квазиспутниковые орбиты. Исследованиями в данном направлении занимаются космические агентства ряда стран, в том числе Японское агентство аэрокосмических исследований, которое в 2024 году планирует старт миссии по доставке грунта с Фобоса на Землю [1]. В рамках миссии планируется использование квазиспутниковых орбит для спуска с них автоматической станции на поверхность Фобоса.

Целью настоящей работы является исследование динамики космического аппарата (КА) на квазиспутниковой орбите путем компьютерного моделирования и определение диапазона начальных скоростей КА, обеспечивающих устойчивое положение его орбиты в течение времени, близкого к максимально возможному, составляющему около семи земных суток.

Движение КА по квазиспутниковым орбитам невозможно считать кеплеровским, поскольку такие орбиты проходят вне сферы Хилла меньшего притягивающего тела и сильно подвержены влиянию большего тела [2]. Под сферой Хилла понимается пространство вокруг астрономического объекта, в котором он может удерживать свой спутник, несмотря на притяжение объекта, вокруг которого обращается он сам. При этом на движение КА вокруг меньшего тела существенное влияние оказывает эллиптичность орбиты меньшего тела при движении вокруг большего. Таким образом, необходимо рассматривать движение КА в рамках задачи трех тел системы «Марс-Фобос-КА» [3], а также учитывать влияние эксцентриситета орбиты Фобоса.

В ходе работы изучена необходимость использования квазиспутниковых орбит в исследованиях Фобоса, составлена и численно решена система дифференциальных уравнений, определяющих движение КА в рамках ограниченной эллиптической задачи трех тел, проведено компьютерное моделирование траекторий движения КА при различных начальных условиях в математическом пакете Wolfram Mathematica, получен диапазон начальных скоростей КА, при которых квазиспутниковая орбита является стабильной в течение достаточно длительного периода времени. В работе рассмотрены пространственные орбиты.

Таким образом, полученные результаты дают возможность оценить необходимый диапазон скоростей КА, при которых квазиспутниковая орбита будет оставаться стабильной в течение достаточно периода времени, а именно семи земных суток.

Список используемых источников:

1. Nakamura, T. "Science Operation Plan of Phobos and Deimos from the MMX Spacecraft," / Nakamura, T., Ikeda, H., Kouyama, T., Nakagawa, H., Kusano, H., Senshu, H., Kameda, S., Matsumoto, K., Gonzalez-Franquesa, F., Ozaki, N., and Takeo, Y., // *Earth Planets Space*, Vol. 73, No. 1, 2021, pp. 1–27.
2. Baresi N. Long-term evolution of mid-altitude quasi-satellite orbits / N. Baresi, Lamberto Dell'Elce, J.C. dos Santos, Y. Kawakatsu // *Nonlinear Dynamics*. — 2020, No. 99, с. 2743–2763
3. Маркеев А.П. Точки либрации в небесной механике и космодинамике / А.П. Маркеев — Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», М., 1978 — 312 с.

Численные методы решения плохо обусловленных одномерных задач химической кинетики

Савина В.С.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Леонов С.С.

МАИ, Москва

В данной работе проведен сравнительный анализ численных методов решения плохо обусловленных задач кинетики катализируемых реакций. Объектом исследования является модель Ленгмюра-Хиншельвуда, которая описывает большинство гетерогенных каталитических реакций. Гетерогенный катализ и сопутствующие ему проблемы, связанные с границей раздела между катализатором и реагирующими веществами, возникают в химической промышленности, поэтому оптимизация решения данной задача актуальна для этой сферы. В модели кинетики катализируемой реакции определенного типа концентрация реагента изменяется согласно дифференциальному уравнению, методам численного решения которого посвящено исследование.

В работе рассмотрены следующие методы численного решения: Рунге-Кутты 4-го порядка, Адамса 4-го порядка, явный и неявный методы Эйлера. Для рассматриваемой модели интегрирование дифференциального уравнения происходит на полуинтервале и при приближении к открытой границе возникает проблема малых знаменателей. Явные методы малоэффективны в данном случае, а неявные сложны в использовании. Для повышения эффективности явных методов используется метод продолжения решения.

Для исследования описанной модели была выполнена реализация указанных выше методов на языке Python с применением библиотек NumPy, SciPy, SymPy, задействованных для символьных вычислений, произведения общих математических операций и библиотеки Matplotlib для визуализации полученных результатов.

Результаты исследования модели показывают возможность применения явных численных методов к ее решению вне окрестности предельной особой точки (создающей пограничный слой). Адекватно описать поведение модели в окрестности пограничного слоя удается неявными методами и методом продолжения решения по наилучшему аргументу, отсчитываемому по касательной к интегральной кривой рассматриваемой задачи Коши. Последний метод гораздо эффективнее по сравнению с неявными методами.

Список используемых источников:

1. Johnson R.S. Singular perturbation theory: mathematical and analytical techniques with applications to engineering. Boston: Springer Science & Business Media, 2005. 292 p.
2. Медведева Н.В., Скрыга Е.С. Сравнение численных методов решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений // Международный студенческий научный вестник. 2018. № 2. 8 с.
3. Manojkumar Parul Methods for solving singular perturbation problems arising in science and engineering // Mathematical and computer modelling. 2011. Vol. 54, iss. 1–2.

Алгоритмы трекинга объектов в реальном времени с бортовой видеокамеры БПЛА

Серов П.Г.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Яшина М.В.

МАИ, Москва

В контексте стремительного развития беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) актуальной становится проблема трекинга объектов в реальном времени с использованием бортовой видеокамеры. Эффективные алгоритмы этого процесса играют ключевую роль в различных областях, таких как наблюдение, безопасность, поиск и спасение, и многое другое. Первый этап исследования включает в себя обзор существующих методов трекинга объектов с БПЛА. Анализируются традиционные и современные подходы, включая методы компьютерного зрения и техники машинного обучения, применяемые для анализа данных с бортовых камер. Выявляются сильные и слабые стороны различных подходов.

Разрабатывается подход, способный эффективно отслеживать и идентифицировать движущиеся объекты в реальном времени, что является важным условием для успешной реализации функций БПЛА. Одной из ключевых составляющих предлагаемого алгоритма является использование комплекса компьютерного зрения. Это включает в себя обработку и анализ видеоданных с бортовой камеры с целью выделения объектов интереса, их характеристик и траектории. Использование передовых методов обработки изображений позволяет улучшить точность и надежность трекинга. Для повышения эффективности алгоритма в условиях разнообразных сценариев трекинга предусмотрено применение методов машинного обучения. Обучение модели на различных наборах данных позволяет системе учитывать разнообразные условия, улучшая обобщение и способность трекинга в различных средах. Анализируются параметры, такие как точность трекинга, скорость обработки данных, и устойчивость к изменениям в условиях окружающей среды. Алгоритм может быть использован для улучшения системы наблюдения и контроля, обеспечения безопасности и эффективности выполнения различных миссий, таких как поиск и спасение, мониторинг окружающей среды и т.д. Результаты исследования подчеркивают потенциал применения данного подхода в различных областях, охватывая широкий спектр задач и требований.

Список используемых источников:

1. A.P. Buslaev, M.V. Yashina and V.B. Yashin, "On recovery of 3D objects by projection WorldComp — 2010", International Conference of Image. Processing Computer Vision and Pattern Recognition (IPCV'10) 2010, pp. 873-881, 2010.
2. A.P. Buslaev, N.J. Wang, J.M. Guo and M.V. Yashina, "On recovery of plane object shape by projections", IPCV The 2009 World Congress in Computer Science Computer Engineering and Applied Computing (WORLDCOMP-09), pp. 222-226, July 13-16, 2009.
3. M. Simon and E. Rodner, "Neural activation constellations: Unsupervised part model discovery with convolutional networks", Proc. Int. Conf. Comput. Vis. (ICCV), pp. 1-9, 2015.

Разработка и реализация программного модуля, реализующего шарнир с зазором для библиотеки вычислений: моделирование, анализ и применение в инженерных расчётах

Тихонова О.Н.

Научный руководитель — к.ф.-м.н. Чекина Е.А.

МАИ, Москва

В данной работе представлена вычислительная методика динамического анализа механических систем, содержащих в качестве соединений плоские (цилиндрические) шарниры с зазорами, и реализован класс подобных соединений с цилиндрическим шарниром с зазором для библиотеки компьютерной алгебры RBSD.Syms программного комплекса RBSD.

В общем анализе механических систем шарниры часто считают идеальными — пренебрегают зазорами, деформациями, смазкой и т.д. Однако в действительности в шарнирах всегда присутствуют зазоры, обеспечивая корректное относительное движение между связанными телами. В работе исследуется поведение механических систем с плоскими (цилиндрическими) шарнирами с зазорами в качестве соединений. Зазоры в шарнирах хоть и необходимы, однако при их неминуемом росте за счет износа и «стирания» шарнира с течением времени, являются источником ударных сил, приводящих к еще большему износу и, как следствие, к деградации системы и возникновению при вращении так называемых люфтов — результатов поступательного движения «пальца» шарнира в плоскости вращения при чрезмерно увеличившихся зазорах. Подобных результатов нельзя учесть при моделировании систем с идеальными шарнирными соединениями, что делает разработку и реализацию данного программного модуля актуальной задачей.

Модель контактной силы ударного взаимодействия пальца шарнира со стенками в этой работе обеспечивает реалистичные результаты, хорошо коррелирующие с поведением системы при отсутствии зазоров в шарнирных соединениях.

Список используемых источников:

1. Revolute joints with clearance in multibody systems P. Flores, J. Ambrosio. Departamento de Engenharia Mecanica, Universidade do Minho, Campus de Azurem, 4800-058 Guimaraes, Portugal Instituto de Engenharia Mecanica (IDMEC), Instituto Superior Tecnico, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal · 2004
2. Laulusa, A., Bauchau, O.A.: Review of classical approaches for constraint enforcement in multibody systems. J. Comput. Nonlinear Dyn. 3(1), 011004 (2007)
3. Bauchau, O.A., Laulusa, A.: Review of contemporary approaches for constraint enforcement in multibody systems. J. Comput. Nonlinear Dyn. 3(1), 011005 (2007)
4. Haug, E.J.: Computer Aided Kinematics and Dynamics of Mechanical Systems V.1: Basic Methods. Allyn & Bacon, Boston (1989)

Направление №8 Новые материалы и производственные технологии в области авиационной и ракетно-космической техники

Секция №8.1 Производственные технологии обработки металлов и сплавов

Особенности технологии сварки трубопроводов из сплава ОТ4

Александров Г.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Никитина Е.В.

МАИ, Москва

В авиационной промышленности для элементов летательного аппарата подбираются наиболее лёгкие материалы, при этом способные обеспечить требуемые свойства, предъявляемые к конструкции. А требуемые свойства, в свою очередь, будут зависеть от назначения самолёта. Например, для истребителей важно, чтобы их детали выдерживали приходящиеся на них нагрузки, вибрации при манёврах, преодолении звукового барьера и т.д. Отдельного внимания заслуживает трубопровод топливной системы — он имеет сварные соединения, на которые будут также приходиться вибрационные нагрузки. При этом трубопровод должен сохранять целостность, герметичность, и быть стойким к коррозии (так как некоторые сорта керосина содержат примеси, способные её вызывать). Чтобы добиться этого перечня свойств, целесообразно изготавливать трубопровод из титановых сплавов. Их прочность и коррозионная стойкость выше, чем у алюминиевых, а свариваемость лучше — процент брака из-за несплавления у титановых сплавов гораздо ниже.

В качестве материала был выбран сплав ОТ4 — он обладает отличной свариваемостью, при этом по-прежнему прочнее алюминиевых сплавов. В качестве примера изделия была рассмотрена тонкостенная труба, которая сваривалась с двумя фланцами.

При сварке титановых сплавов можно столкнуться со следующими проблемами:

1) Необходимо защищать от контакта с воздухом не только наружную, но и корневую часть шва;

2) Необходимо специально подготовить поверхность (с целью удаления альфированного слоя) — подвергнуть травлению (химическому фрезерованию).

Для обеспечения требований к изделию в данной работе была выбрана автоматическая аргодуговая сварка вольфрамовым электродом диаметром 3 мм на режиме, обеспечивающем наилучшие параметры шва: сварочный ток $160 \div 165$ А (постоянный ток), напряжение на дуге 14 В, скорость сварки 24 м/ч, скорость подачи присадочной проволоки 17 м/ч, диаметр присадочной проволоки 2 мм, расход аргона 22-26 л/мин.

Химическая неоднородность недопустима, если одним из основных требований к изделию является коррозионная стойкость. По этой причине была выбрана присадочная проволока марки ОТ4св.

Для надёжной защиты наружной стороны шва выбрано более широкое сопло с профилированным срезом, с дополнительной защитой остывающей части шва. Для защиты корня шва использовался поддув аргоном через подкладку (с шагом отверстий 20 мм).

После удаления оксидной плёнки с поверхности кромок трубы, фланцев, и с присадочной проволоки, необходимо провести сварочные работы в течение следующих 8 часов.

Были выбраны следующие методы контроля: испытание на герметичность пузырьковым методом, рентгенографическое исследование на дефекты и испытание на коррозионную стойкость профилографическим методом. Для последнего используются заранее подготовленные образцы, и его достаточно провести один раз.

Для исключения образования замедленного разрушения рекомендована термическая обработка после сварки.

Список используемых источников:

1. А. Г. Илларионов. Технологические и эксплуатационные свойства титановых сплавов: учебное пособие. / А. Г. Илларионов, А. А. Попов; Уральский федеральный университет имени Б. Н. Ельцина. — Екатеринбург : УФУ им. Б. Н. Ельцина, 2014 г. — 136 с.
2. Выбор режимов вакуумного отжига для титановых сплавов / Е. А. Борисова, И. И. Шашенкова, А. И. Кривко, Т. В. Барашева // Журнал «Металловедение и термическая обработка металлов». — 1975 г. — №4. — 11 с.
3. Технология и оборудование сварки плавлением: Учебник для вузов по специальностям «Оборудование и технология сварочного производства» и «Металлургия и технология сварочного производства» / Г. Д. Никифоров, Г. В. Бобров, В. М. Никитин, В. В. Дьяченко; под общ. ред. Г. Д. Никифорова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1986. — 320 с.: ил.
4. Metallurgy and technology of welding of titanium and its alloys / С. М. Гуревич, В. Н. Замков, Я. Ю. Компан [и др.]. / Под редакцией д.т.н. проф. С. М. Гуревича. — К., Наук. думка, 1979. — 300 с.

Разработка технологического процесса полуавтоматической сварки силового имитатора стойки шасси из материала Сталь 10

Андреева М.И.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Никитина Е.В.

МАИ, Москва

Имитатор основной стойки шасси предназначен для проведения испытаний на статические и динамические нагрузки. Аналогичным испытаниям подвергается реальная стойка шасси самолёта в процессе его эксплуатации. Использование подобных изделий позволяет выявить влияние геометрических размеров, свойств используемого материала, а также провести натурные испытания без лишних затрат.

Для изготовления имитатора стойки шасси была выбрана сталь 10. Сталь 10 — это конструкционная углеродистая низколегированная качественная сталь, которая обладает хорошими пластическими свойствами и умеренной прочностью.

Сталь 10 отличается хорошей свариваемостью из-за низкого содержания, как углерода, так и легирующих элементов, поэтому вероятность образования горячих и холодных трещин в сварном соединении мала. Именно на таком материале можно отработать оптимальные размеры сварного шва.

Традиционно для изготовления стойки шасси используют среднелегированные стали типа 30ХГСА. Поэтому для изготовления имитатора выбран тот же способ сварки, что и для 30ХГСА: полуавтоматическая сварка в защитном газе. С целью уменьшения деформации выбран наиболее рациональный способ сварки — сварка плавящимся электродом в углекислом газе. Был выбран углекислый газ первого сорта. Так как углекислый газ — это окислитель, то при сварке в его среде происходит окисление железа и других примесей, входящих в состав стали. Для того чтобы восстановить их сварка должна производиться проволокой в состав которой входят раскислители. Для сварки данной стали была выбрана проволока Св-08Г2С.

Рассчитан режим сварки, обеспечивающий требуемые геометрические параметры шва: $I_{св} = 169$ А; $U_d = 20$ В; $qCO_2 = 10-15$ л/мин; $d_3 = 1,4$ мм; $V_{пр} = 44$ м/час; $V_{св} = 9$ м/час. Сварка производится в восемь проходов с предварительным подогревом. Все швы имитатора стойки шасси являются особо ответственными и подлежат 100% рентгеновскому, магнитному, а также капиллярному контролю после первого прохода — сварки корня шва.

Разработано сварное приспособление, обеспечивающее соосность соединяемых деталей. Также для проведения процесса сварки выбраны: сварочный аппарат «Форсаж-502», механизм подачи проволоки «Форсаж-МПм», сварочная горелка «MIG ERGOPLUS 36 TORCH».

Список используемых источников:

1. Волченко В.Н. — Сварка и свариваемые материалы т. 1 1991 г
2. Волченко В.Н. — Сварка и свариваемые материалы т. 2 1991 г
3. Виноградов В.С. — Оборудование и технология дуговой, автоматической и механизированной сварки, М, Высшая Школа, 1997 г.
4. Справочник сварщика / Под ред. В.В. Степанова, М.: Машиностроение — 1983 г.

Стратегия получения супергидрофобных материалов и покрытий

Бойченко В.В.

Научный руководитель — к.т.н. Валеева А.Р.

КНИТУ-КАИ, Казань

Так как супергидрофобность — это свойство, связанное с явлением смачивания, рассмотрим здесь основы супергидрофобности, концепции и принципы, позволяющие создавать такие материалы

Равновесный макроскопический угол смачивания — термодинамическое свойство, которое может быть выражено в терминах других термодинамических параметров системы (поверхностной энергии границ раздела твердое тело-газ, твердое тело-жидкость и жидкость-газ). Из уравнения Юнга исходит, то что при изменении свойств поверхностного слоя также изменяется и поверхностная энергия. Второй не менее важным показателем является гистерезис, характеризующий разницу в углах смачивания притекающей и оттекающей жидкости.

Супергидрофобные материалы отличаются эффективными углами смачивания более 150° и гистерезисом в пределах $1-3^\circ$

Большинство конструкционных материалов, таких как металлы и их оксиды, характеризуются высокой поверхностной энергией. Для того чтобы ее снизить, достаточно нанести на поверхность таких материалов слой гидрофобных агентов — веществ, характеризующихся низкой поверхностной энергией. Однако наименьшими значениями поверхностной энергии обладают фторорганические соединения с $\sigma = 6,6-6,7$ мДж/м², что соответствует углу смачивания $120-125^\circ$. Следственно возможности увеличения угла смачивания ограничены. Также углубленные исследования выявили ряд недостатков, возникающих при увеличении угла Юнга только за счет применения гидрофобных агентов. Взаимодействие может быть физическим или химическим. В зависимости от этого, такой поверхностный слой может иметь некоторые дефекты.

Шероховатость смачиваемой поверхности, при помощи микромасштабных архитектур, приводит к отклонению краевого угла от краевого угла гладкой поверхности. В следствии, вода на таком покрытии, имея контакт лишь с кончиками выступов или волокон, превращается в капли силами поверхностного натяжения. Существуют 2 режима смачивания: гомогенное смачивание, при котором жидкость контактирует со всей поверхностью твердого тела и полностью заполняет поверхностное углубление (режим Венцеля); или гетерогенное смачивание, при котором воздух задерживается внутри углубления (режим Кейси-Бакстера).

Равновесное состояние Венцеля возникает, когда микроскопические периоды между вершинами выступов достаточно велики, чтобы поверхностное натяжение нарушилось под действием ее веса. При состоянии Касси-Бакстера, в котором поверхностное натяжение капли воды не нарушается, капля опирается на микроскопические структуры, образующие поверхность, создавая под каплей границу раздела твердое тело—воздух—жидкость.

Из этого следует вывод, что наиболее приоритетным является получения гетерогенного режима смачивания путем генерирования поверхности с большим количеством микроскопических выступов.

В настоящие дни существует метод вакуумного выращивания «ковровых» шероховатых покрытий из углеродных волокон с использованием катализатора (обычно никеля). В таких процессах сначала на подложке в глубоком вакууме из паров катализатора выращиваются зародышевые вершины размером 10-100 нанометров. Затем из островков катализатора в атмосфере углеродсодержащего газа (метан, ацетилен) выращивают углеродные волокна

(методом высокочастотной плазмы). Структура волокон зависит от параметров процесса (давление газа, температура подложки и т.д.).

В результате проведенных исследований, можно сделать вывод, что получения супергидрофобного состояния необходимы: обработка поверхности, приводящая к достижению юнговских углов больше 90° , и обеспечение термодинамической устойчивости гетерогенного режима смачивания с углом $\theta > 150^\circ$.

Список используемых источников:

1. БОЙНОВИЧ Л.Б. СУПЕРГИДРОФОБНЫЕ ПОКРЫТИЯ, НОВЫЙ КЛАСС ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ // ВЕСТНИК РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК. — 2013. — №1. — С. 10–22.

2. Марченко С.А., Железняк В.Г., Кузнецова В.А. ПРИМЕНЕНИЕ И МОДИФИКАЦИЯ ЧАСТИЦ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СУПЕРГИДРОФОБНЫХ ПОКРЫТИЙ (ОБЗОР) // Труды ВИАМ. 2023. №5 (123). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-i-modifikatsiya-chastits-dlya-sozdaniya-supergidrofobnyh-pokrytiy-obzor> (дата обращения: 14.02.2024).

3. Шилова Ольга Алексеевна, Цветкова Ирина Николаевна, Красильникова Лариса Николаевна, Ладиллина Елена Юрьевна, Любова Татьяна Сергеевна, Кручинина Ирина Юрьевна Синтез и исследование супергидрофобных, антиобледенительных гибридных покрытий // ИТСТ. 2015. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sintez-i-issledovanie-supergidrofobnyh-antioleden>

Изгиб многослойной заготовки

Борисов Н.Д., Сапрыкин Б.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Типалин С.А.

Московский Политех, Москва

Двухслойный металлический лист с соединительным слоем из полимера все активнее используется в различных областях машиностроения. Данный листовой композит позволяет снижать вибрационные и акустические нагрузки в конструкции за счет поглощения колебаний упругим связующим слоем [1]. При этом конструктивно, толщина слоев и их свойство могут значительно варьироваться в зависимости от технического назначения применяемой конструкции. Однако пластическая деформация данного материала отличается от традиционной штамповки однородного листа.

Условия деформирования зависят от свойств соединительного слоя которые скрепляет металлические пластины заготовки. Используя экспериментально полученные свойства соединительного слоя возможно прогнозировать условия деформации заготовки в процессе изгиба. В для численного моделирования процесса деформации были получены силовые параметры при сдвиговой деформации одного слоя относительно другого [2]. Данные были загружены в разработанную математическую модель учитывающую граничные условия деформирования в плоскости соединения листовой заготовки. В процессе моделирования были получены данные о деформации каждого слоя и возникающих напряжениях в процессе изгиба листового многослойного материала. Анализируя напряжения которые возникают в толщине листа были вычислены силовые параметры процесса. На основании полученных данных построены графики изменения толщины каждого слоя в процессе изгиба от внутреннего радиуса деформируемой заготовки. Анализ деформационных параметров показал, что изгибающий момент при изгибе многослойной заготовки практически в два раза меньше чем при изгибе однослойного материала

Список используемых источников:

1. Типалин С.А., Сапрыкин Б.Ю., Шпунькин Н.Ф. Краткий обзор многослойных листовых деформируемых материалов используемых для защиты от шума / Известия МГТУ «МАМИ» 2012. №2., том 2 С.194–199

2. Типалин С.А., Шпунькин Н.Ф., Никитин М.Ю., Типалина А.В. Экспериментальное исследование механических свойств демпфирующего материала / Известия МГТУ «МАМИ» 2010. №1. С. 166–170

Применение критериев для проектирования ЛПС лопаток ГТД

Вилонов А.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Смыков А.Ф.

МАИ, Москва

Причиной образования в элементах отливки усадочных пустот (раковин и пор) является прекращение движения расплава, необходимого для компенсации усадки, во время их затвердевания [1]. Условием достаточного питания расплавом таких участков может служить заданный предельный процент усадочных дефектов и их размер, когда служебные свойства будущего изделия находятся на уровне, определенном техническим заданием на изготовление отливки. Для соблюдения данного условия параметра качества необходимо обеспечить направленное затвердевание и непрерывное питание отливки [2]. Под направленным затвердеванием понимают такой процесс, когда вначале затвердевают наиболее удаленные от питающего элемента участки, а в конце — прибыль.

Определение проблемных по плотности участков в отливках актуально и в настоящее время, в том числе и при проектировании литниково-питающих систем литейных лопаток газотурбинных двигателей. Одним из таких элементов является тонкостенное протяженное перо, которое может иметь стержень достаточно сложной конфигурации, и после извлечения отливки из формы подвергается минимальной механической обработке. Поэтому в исследованиях уделено особое внимание расчетному выявлению и устранению мест возможного образования усадочных дефектов в перо лопатки. В качестве основного направления решения этой проблемы принят критериальный подход, суть которого заключается в оценке областей возможного поражения усадочной пористостью с использованием критериев пористости. В связи с этим основной научной задачей работы является совершенствование процесса проектирования ЛПС для литейных лопаток ГТД с применением критериев пористости и уточнении их критических значений, которые гарантируют точность прогноза, в том числе, по пораженным усадочной пористостью зонам в перо лопатки, с последующим устранением выявленного дефекта.

Список используемых источников:

1. Вейник А.И. Теория затвердевания отливки. М.: Машгиз, 1960. 435 с.
2. Тимофеев Г.И. Механика сплавов при кристаллизации слитков и отливок. М.: Металлургия, 1977. 160 с.

Исследование взаимодействия элементов припоя, твёрдого сплава и стали в паяных швах соединений 30ХГСА/ВК8

Гаджиев М.Р.

Научный руководитель — д.т.н. Пашков И.Н.

МАИ, Москва

В настоящей работе исследовались паяные соединения стали 30ХГСА и твердого сплава марки ВК8. Образцы соединялись методом индукционной пайки при температуре 1000 °С. Использовались два сплава-припоя, а именно: МНМц 9-23,5 (CuMn24Ni9) и ЛНМц 49-9-0,2 (Cu49ZnNi9Mn0,2)

Шлифы паяных швов полученных образцов исследовались на сканирующем электронном микроскопе TESCAN VEGA 3 с приставкой микроанализатора. С помощью данных испытаний был определен химический состав в приконтактной зоне и выявлено распределение элементов.

Было выяснено, что при пайке происходит диффузия некоторых элементов, но в зависимости от режима пайки и состава припоя диффузия происходит не одинаково, а паяные швы имеют различный структурно-фазовый состав.

В обоих случаях припой хорошо заполнил неровности на поверхности твердого сплава и стали.

Согласно полученным данным, в закристаллизованном припое W не содержится, что указывает на то, что WC не диффундирует из WC-Co в расплавленный припой при высокой температуре.

Во всех случаях выявлено градиентное распределение меди на стороне твердого сплава, также заметно градиентное распределение Mn в первом случае и Zn во втором. Эти элементы продиффундировали в твердый сплав на глубину обеднения твердого сплава кобальтом, которая у образцов отличалась.

Исходя из полученных данных, кобальтовая связка в составе твердого сплава растворяется на границе и уходит в припой, то есть содержание Co в данной зоне менее 8 %. Поскольку температура плавления кобальта выше температуры пайки, растворяется только малая зона на границе твердого сплава с припоем.

Зона твердого сплава обедненная Co в случае соединения стали 30ХГСА с твердым сплавом BK8 припоем МНМц 9-23,5 (CuMn24Ni9) составляет около 25 мкм. При этом Co в данном случае замещается на Cu и Mn. В случае соединения стали 30ХГСА с твердым сплавом BK8 припоем ЛНМц 49-9-0,2 (Cu49ZnNi9Mn0,2) зона твердого сплава обедненного Co составляет около 12 мкм. При этом Co в данном случае замещается на Cu и Zn.

Также было замечено, что Fe из стали 30ХГСА в обоих случаях диффундирует на всю глубину паяного шва при этом образуя фазы с высоким содержанием Co.

Список используемых источников:

1. Jiang C. Effect of brazing temperature and holding time on joint properties of induction brazed WC-Co/carbon steel using Ag-based alloy // Journal of Materials Processing Technology. Elsevier. — 2016. — V. 229. — P. 562–569.

2. Пашков И. Н. и др. Индукционная пайка твердосплавных резов горного инструмента. Выбор состава и формы припоя // Сварочное производство. — 2020. — №. 8. — С. 20–27.

3. Пашков И. Н. и др. Взаимодействие расплава Cu-Mn-Ni припоя с поверхностью твердого сплава // Быстрозакаленные материалы и покрытия. Материалы XVII-й Международной научно-технической конференции. 20–21 октября 2020 г. — С. 385.

4. Misnikov V. E., Pashkov I. N., Bazlova T. A. Investigation of adhesion and diffusion activity of Cu-Mn-Ni brazing filler metal with WC-8Co cemented carbide // Non-Ferrous Metals. — 2021. — T. 51. — №. 2. — С. 33–38.

Экспресс-диагностика износостойкости поверхностного слоя биметаллических изделий с помощью модифицированной ультраструны жидкости

Головкин А.А., Янко М.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Галиновский А.Л.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

На сегодняшний день большое распространение получили конструкции, выполненные из композитов. Они широко используются во многих отраслях. Например, в самолетостроении из композиционных материалов (КМ) изготавливают фюзеляж, крылья, хвостовое оперение, мотогондолу и многое другое. Так, современный пассажирский самолет примерно на 30-50 процентов состоит из (КМ). В Airbus A350 такие материалы составляют 52% от общей массы самолета, в Boeing 787 — 50%, а в отечественном MC-21 — 35%. В ракетостроении КМ используются для изготовления тепловых экранов, переходных модулей, межблочных конструкций и т.д. Более того, КМ нашли широкое применение в медицине, автомобилестроении и во многих других отраслях. Все чаще предприятия отдают предпочтение именно этим материалам, так как они являются более прочными, жесткими, стабильными и легкими по сравнению со однокомпонентными аналогами, выполненными из традиционных материалов. По мнению большинства консалтинговых компаний, идет непрерывный рост мирового рынка полимерных композиционных материалов (ПКМ). Размер мирового рынка ПКМ (по различным данным) составил в 2019 году примерно 90,6–93,6 миллиарда долларов и около 12,0 миллионов тонн в натуральном эквиваленте. Совокупный

среднегодовой темп роста производства КМ в мире прогнозируется в диапазоне от 4 до 7,7%, [1].

В связи с огромным и постоянно увеличивающимся производством КМ возникает и вопрос, относящийся к переработке и утилизации отходов изделий из КМ [2]. Для переработки таких изделий применяют механические дробилки (измельчители) с монолитным режущим инструментом, однако в связи с низким ресурсом и необходимостью постоянной заточки большую перспективу имеют инструменты с биметаллической режущей пластиной. Они обладают следующими достоинствами: свойство самозатачивания, прочность, износостойкость, а также способность выдерживать высокие температурные и силовые нагрузки [3].

Целью исследования является оценка перспектив применения с помощью модифицированной ультразвуку жидкости в качестве экспресс-диагностики износостойкости биметаллов и сравнение с методами, описанными в ГОСТ 30480-97.

Ультразвуковые технологии являются совокупностью методов и средств создания высокоэнергетической компактной струи жидкости, которая приводит материал к фиксируемому целевым изменениям [4]. Применение данной технологии для оценки износостойкости является перспективным и потенциально выгодным как по времени, так и по стоимости, поскольку она позволяет оперативно и точно определить ресурс работы уже эксплуатируемого изделия. Благодаря внедрению экспресс-диагностики с помощью ультразвуку жидкости в производства можно добиться повышения его эффективности, улучшения качества продукции и снижения риска возможных выходов из строя и простоя оборудования.

В данной работе на пяти биметаллических образцах из сталей 30 и 9ХФ были проведены эксперименты по ультразвуку диагностике и традиционные испытания (фрикционные испытания, ультразвуковые испытания и измерение твердости).

По результатам анализа экспериментальных данных было доказано существование связи между результатами традиционных испытаний и глубиной гидрокаверны, образованной после УСД. Численные значения коррелируют с результатами классических методов, в частности с фрикционными испытаниями этот коэффициент составляет 0,95. При этом стоит отметить малоинвазивность воздействия УС по сравнению, например, с фрикционными испытаниями: после проведения ультразвуку диагностики глубина каверны не превышает 210 мкм, а по результатам фрикционных испытаний глубина каверны составляет не менее 28 мм. Поэтому предлагаемый способ позволяет проводить контроль остаточного ресурса инструмента во время всего периода ее эксплуатации, не нанося при этом существенный ущерб поверхностному слою.

Таким образом, применение ультразвуковых технологий для определения износостойкости биметаллических режущих инструментов является перспективным и достоверным. А с помощью модифицирования диагностической ультразвуку жидкости различными дополнительными компонентами (в зависимости от состава перерабатываемого материала) можно добиться имитации воздействия во время реальной эксплуатации изделий.

Список используемых источников:

1. Дориомедов М.С. Российский и мировой рынок полимерных композитов (обзор) // Труды ВИАМ. 2020. №6-7 (89). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rossiyskiy-i-mirovoye-gupok-polimernyh-kompozitov-obzor> (дата обращения: 01.02.2024).
2. Комков М. А., Тарасов В. А. Технология намотки композитных конструкций ракет и средств поражения. — 1-е изд. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. — 431 с.
3. Сюень Л., Семашко В.В., Абашин М.И. Разработка метода ультразвуку диагностики режущего инструмента для утилизации полимерных композиционных материалов в конструкциях ракетно-космической техники // Политехнический молодежный журнал. — 2018. — №8
4. Барзов А.А., Галиновский А.Л. Полифункциональные возможности ультразвуку технологии обработки материалов и жидкостей // Вестник УГАТУ = Vestnik UGATU. 2009. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/polifunktsionalnye-vozmozhnosti-ultrastruynoy-tehnologii-obrabotki-materialov-i-zhidkostey> (дата обращения: 01.02.2024).

Исследование влияния технологических параметров изотермической штамповки на процесс изготовления ребристых панелей из алюминиевых сплавов

Емельянов М.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Палтиевиц А.Р.

МАИ, Москва

Задача обеспечения требуемых параметров изделий в авиакосмической технике требует современных подходов в области проектирования технологических процессов. Одним из объектов исследований является бездефектное изготовление ребристых панелей методами обработки металлов давлением (ОМД).

Для панелей с большой площадью поверхности целесообразно использовать метод горячей изотермической штамповки, однако это может привести к появлению дефекта утяжина, что является недопустимым для ответственных деталей, и может привести к появлению концентраторов напряжений и разрушению изделия.

Для борьбы с утяжиной традиционно применяется введение дополнительного припуска на толщину панели. Однако отсутствие количественных взаимосвязей между параметрами технологического процесса и началом образования утяжины, может привести к назначению припуска величиной более чем требуется, что значительно увеличит процент отходов.

Установление функциональных зависимостей между управляющими параметрами процесса изотермической штамповки и наличием, и величиной утяжины является одной из основных задач в технологии получения авиационных панелей с толщиной ребра больше толщины полотна панели.

В работе применен метод математического планирования эксперимента для нахождения искомых функциональных зависимостей расчета глубины утяжины от технологических параметров процесса и толщины заготовки.

Результаты моделирования показали, что при определенных параметрах технологического процесса утяжина может не распространяться на зону чистового изделия. Проведенный дисперсионный анализ позволил определить значимые параметры в расчетном полиноме, что упрощает его написание и понимание их влияния на величину утяжины.

Использование термокомпрессионной установки с особым оборудованием для экспериментов позволяет учитывать реальные условия процесса. Начальные значения технологического процесса определялись на основе ранее полученной полиномиальной зависимости с учетом возможности получения бездефектного изделия и отсутствия утяжины в чистовой зоне панели. Высокая сходимость результатов математического моделирования, регрессионного анализа и реального эксперимента была отмечена, с погрешностью не превышающей 10-15%.

Выводы исследования подчеркивают важность установления функциональных зависимостей между исходными параметрами технологического процесса и получаемыми результатами для эффективного управления процессом.

Влияние основных технологических параметров на процесс распыления модельной жидкости методом центробежного распыления

Жуков Е.Ю., Наурузалинов А.С.

Научный руководитель — д.т.н. Пашков И.Н.

МАИ, Москва

Одним из актуальных вопросов промышленности является получение мелкодисперсного порошка из-за своей востребованности как в мелкосерийном, так и в крупносерийном производстве. Решить данную проблему можно методом центробежного распыления, однако есть не решенные вопросы о параметрах распыления, о поведении струи жидкого металла и конфигурации чаши распыления [1].

На основании литературных данных был смоделирован процесс центробежного распыления с помощью модельной жидкости. Идеальным процессом считалось, когда вся

подаваемая жидкость превращалась в пленку и диспергировалась с краев чаши, так как отсутствует кристаллизация жидкости. За основу взята смесь жидкости воды и глицерина с вязкостью близкой к вязкости расплавленного олова. Известно, что для получения мелкодисперсного порошка необходимо обеспечить вращение чаши более 10000 об/мин [2].

Имеется оптимальное значение высоты подачи жидкости на чашу и при отклонении от этого значения в большую или меньшую сторону идет увеличение размера порошка. В нашем эксперименте при увеличении расстояния до 50 мм идет сближение спиралей жидкости. При дальнейшем увеличении расстояния от 100 мм ведется вторичное распыление в виде капель. Эти изменения свидетельствуют, о том, что фракционный состав на данных расстояниях будет увеличиваться.

При изменении увеличении потока жидкости связи могут не образовываться и будет происходить режим распада пленки. При низкой подаче жидкости капли могут образовываться непосредственно на краю диска или перед краем диска из-за неполного смачивания диска. Также при высокой скорости вращения чаши возникает кольцевой скачок течения жидкости, так называемый гидравлический скачок [3]. В нашем эксперименте на гидравлическом скачке происходит разрыв пленки из-за избытка жидкости и дальнейшего перехода в струи.

На обработанной поверхности пленка жидкости будет равномерно распределяться по чаше, соответственно с увеличением чистоты поверхности улучшается процесс распыления. В реальных процессах диспергирования металлов на шероховатой поверхности, как было описано в [4], происходит налипание металла на поверхность чаши и образование застывшего металла в виде бублика.

Также в литературных источниках дан неоднозначный ответ, по поводу влияния угла наклона боров чаши и его влияние на размер частиц. В нашем эксперименте на чаше с бортами наблюдается уменьшение толщины пленки на краю чаши, что приводит к более равномерному распылению. Борта также разрушают струи и капли жидкости в пленку, которая затем диспергируется с кромок.

Вывод: Результаты нашей экспериментальной модели в большей степени соответствует описанным в литературных источниках данным, что позволяет оценить поведение жидкости на поверхности чаши. При исследовании экспериментальных данных был описан это процесс и даст возможность дальнейшего изучения на расплаве металла.

Список используемых источников:

1. Жуков Е.Ю., Наурзалинов А.С., Пашков И.Н. Разработка методики исследования процессов центробежного распыления расплава с помощью модельной жидкости, Материалы XX Международной научно-технической конференции «Быстрозакаленные материалы и покрытия» (Москва, 17-18 октября 2023г.) М: Пробел–2000, 2023, С. 269–273.
2. Жуков Е.Ю., Наурзалинов А.С., Пашков И.Н. Исследование процесса распыления модельной жидкости методом центробежного распыления, Материалы 22-ой Международной конференции «Авиация и космонавтика» (Москва, 21-24 ноября 2023г.) М: Издательство «Перо», 2023, С. 289.
3. Yuyuan Zhao Analysis of flow development in centrifugal atomization: Part I. Film thickness of a fully spreading melt. Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering. 2004; 12(5): 959–971.
4. Tyler J. Slinger Rotating disk atomization of Gd and Gd-Y for hydrogen liquefaction via magnetocaloric cooling. Graduate Theses and Dissertations. 2016: 16017.

Особенности технологического процесса сварки цилиндра амортизатора авиационной техники из стали 30ХГСНА

Жумабоев У.К., Разговоров Н.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Никитина Е.В.

МАИ, Москва

Увеличение скоростей движения современных самолетов ограничивается в настоящее время не только мощностными характеристиками двигателя, но также устойчивостью, управляемостью при посадке и эффективностью торможения. Такие показатели, как вертикальные и горизонтальные виброускорения, предельные скорости маневров

«переставка» и «вход в поворот», тормозной путь, существенно зависят от совершенства конструкции подвески и ее отдельных элементов. Исключительно при строгом согласовании кинематики подвески и рулевой трапеции, включая их геометрических характеристик, обеспечивается надежный контакт колеса с опорной поверхностью, особенно при высоких скоростях движения. Основное требование к сварному цилиндру амортизатора — обеспечение соосности соединяемых деталей и требуемые параметры шва. Также технология сварки должна исключать образование внутренних дефектов, причем возможные дефекты должны полностью вытесняться неразрушающими методами контроля. Для сварки изделия будет использован автоматический способ сварки в углекислом газе, так как данный способ обеспечивает высокое качество сварного шва с минимальным риском получения дефектов из-за минимизации человеческого фактора.

По условиям, которые вытекали из заданного изделия и условий его эксплуатации, были выдвинуты следующие требования к сварным соединениям: прочность, выдерживание ударных нагрузок и вибрационная прочность.

Сталь 30ХГСНА является высокопрочной среднелегированной сталью. Для обеспечения необходимых свойств изделия был выбран наиболее рациональный способ сварки — сварка плавящимся электродом в атмосфере углекислого газа. Рассчитаны режим сварки и требуемые геометрические параметры шва. Перед сваркой необходимо провести тщательную очистку поверхности и удаление окислов для обеспечения качественного соединения. Для избегания образования трещин предусмотрено использовать предварительный нагрев 250-300 °С, термическую обработку и обработку шва для улучшения механических свойств и повышения стойкости к разрушению. Важно строго соблюдать установленные параметры сварочного режима, такие как ток, напряжение, скорость сварки и расход газа, для избегания дефектов и обеспечения оптимальной прочности шва.

Для реализации разработанного технологического процесса выбрано сварочное оборудование: ВДУ-1250; автомат УСК-400. Для обеспечения соосности соединяемых деталей разработана специальная оснастка.

На основании тщательно проведенного анализа технологической свариваемости, толщины металла, равного 12 мм, а также теплофизических свойств сплава, была выбрана стыковая схема сварки. Тип соединения для продольного и кольцевых швов, соединяющих наконечник с трубой: С18 согласно ГОСТ 14771-76: стыковое со скосом двух кромок; характер шва: односторонний. Была выбрана автоматическая сварка в углекислом газе. Данный способ вполне может обеспечить качественный шов. И используя этот метод, значительно уменьшается вероятность получения дефектов в сварном соединении.

Совершенствование технологии штамповки днища из высокопрочной стали на основе компьютерного моделирования

Кирсанов И.И., Галкин В.А.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Овчинников А.В.

Ступинский филиал МАИ, Ступино

Горячая объёмная штамповка является доминирующим способом получения высококачественных сложноконтурных деформированных заготовок деталей ответственного назначения. Одним из критических недостатков большинства технологий штамповки корпусных деталей являются приповерхностные дефекты типа зажимов и прострелов, а также неравномерная деформированность по объёму поковки. Это приводит к неравномерности структуры, вследствие чего наблюдается не соответствующая условиям эксплуатации неравномерность механических свойств по сечению поковки, а также снижается ресурс работы детали.

В работе, с точки зрения указанных выше проблем, исследована промышленная технология молотовой штамповки днища сложной формы из высокопрочной стали КВК-26, включающая нагрев цилиндрической заготовки, осадку и однопереходную штамповку в открытом штампе. Цель работы заключалась в определении причин формирования в поковке области с прострелом и потенциальным зажимом, а также зон с недостаточной

деформированностью. В качестве инструмента исследования использовали отечественную САЕ — систему моделирования процессов пластической деформации QForm. Твердотельные модели поковки и штампов разработаны в Autodesk Inventor.

Исследуемая технология построена по классической схеме с осадкой на плоских бойках в качестве заготовительной операции. Поковка же имеет явно выраженную вогнутую форму с большими уступами. Такое отличие заготовительной и окончательной форм предопределяет большую неравномерность деформации поковки по сечению и неудачную схему течения металла, приводящую к образованию прострела. Опасность образования последнего установлена при помощи опции QForm «Поверхностные линии».

На первом этапе работы в качестве совершенствования технологии рассмотрено добавление перехода предварительной штамповки. Предварительный штамп сконструирован исходя из приближения формы заготовки к форме поковки при оставлении заготовительной осадки. Применение предварительного штампа решает проблему формирования прострела, однако неравномерное распределение деформации по поковке остаётся. Кроме того, появление нового перехода требует изготовления предварительного штампа, что удорожает технологию в целом.

На втором этапе работы рассмотрена возможность замены осадки на плоских бойках на осадку на выпукло-вогнутых плитах. Этот технологический приём используется для повышения равномерности деформации по объёму осажённой заготовки и хорошо подходит для штамповки поковки с явно выраженной вогнутой формой. Исследована схема осадки с двумя кантовками. Смена направления течения металла при осадке между кантовками благоприятно сказывается на равномерности распределения накопленной деформации как по осажённой заготовке, так и по поковке. Оптимальная вогнутая форма заготовки после осадки обеспечивает исключение формирования области с прострелом и потенциальным зажимом.

Применение электронно-лучевой сварки для изготовления деталей аэрокосмической отрасли

Косоруков И.Д.

Научный руководитель — к.т.н. Рязанцев А.Ю.

КБХА, Воронеж

С целью обеспечения технологической подготовки производств, в современной промышленности применяют перенастраиваемые приспособления, обеспечивающие гибкость и универсальность производственного процесса. Оснастка изготавливается с учетом требований конструкторской документации.

Жидкостный ракетный двигатель является одним из самых сложных изделий в аэрокосмической отрасли. Со временем двигатели модернизируются, повышаются требования к качеству и надежности. Одним из важнейших элементов жидкостного ракетного двигателя, участвующих в смесеобразовании, является газовый тракт. Он должен отвечать высоким требованиям к герметичности и прочности сварных соединений. Для получения сварных швов используются специальные средства технологического оснащения и метод сварки.

Качество сварного соединения газового тракта контролируется рентгенографическим способом. Для проверки на герметичность сварного шва, применяют метод керосиновой пробы. На внешнюю поверхность шва наносят меловой раствор. После высыхания мела на внутреннюю поверхность наносят керосин. Керосин, проникая через несплошности сварного шва, оставляет на меловой краске темные пятна, которые характеризуют расположение и наличие дефектов.

В конструкции газового тракта предусмотрены тонкостенные детали: решетка и кольцо. При сварке газового тракта, из-за больших температур в зоне соединения под влиянием внутренних напряжений, возможно изменение формы и размеров деталей. В следствии чего, могут возникнуть отклонения геометрических размеров в окончательно изготовленной сборочной единице. После сварки газовый тракт подвергается механической обработке.

Для обеспечения геометрических размеров посадочных мест, необходимо обеспечить соосность входящих деталей при сварке.

Для обеспечения требований к герметичности и прочности сварного шва газового тракта в качестве способа соединения деталей используется метод электронно-лучевой сварки [1].

С целью исключения коробления решетки и кольца газового тракта в процессе выполнения сварочной операции спроектировано специальное приспособление [2]. В конструкции оснастки предусмотрен теплоотвод из зоны сварного соединения. Это позволило гарантировать соосность деталей и обеспечить точные геометрические размеры при механической обработке посадочных мест газового тракта.

Конструкция приспособления представляет собой стойку с опорой, на которую устанавливаются кольца с решеткой для выполнения сварного соединения. При помощи крышки происходит зажим деталей между собой, с целью их точного базирования. Для предотвращения деформации деталей от воздействия температуры в процессе сварки, их дополнительно фиксируют специальным разжимным устройством. При вращении винта по часовой стрелке происходит разжим. Аналогично, при вращении винта против часовой стрелки происходит зажим. Таким образом, спроектированная оснастка обеспечивает точное расположение деталей, их дополнительную фиксацию, улучшает теплоотвод и исключает коробление изделия в процессе выполнения сварочной операции.

В результате выполненных работ разработано специальное средство технологического оснащения, которое позволило обеспечить точное позиционирование решетки и кольца при сварке газового тракта. Оснастка позволяет исключить изменение формы и размеров деталей под влиянием температурных воздействий в процессе сварки. Применение электронно-лучевой сварки позволило обеспечить заложенные требования конструкторской документации к прочности и герметичности сварного шва, а также выполнить сварку деталей из разнородных материалов [3]. Для исключения человеческого фактора в процессе выполнения сварочной операции в качестве оборудования используется автоматическая сварочная установка.

Список используемых источников:

1. Электронно-лучевая сварка/ Назаренко О.К., Кайдалов А.А., Ковбасенко С.Н. и др.; Под ред. Б.Е. Патона. — Киев : Наук. думка, 1987 — 256 с.

2. Сборочно-сварочные приспособления и механизмы/ Б.А. Таубер; Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, Москва; 1951 — 414 с.

3. Совершенствование способа получения заготовок полусфер из труднодеформируемых титановых сплавов для ёмкостей высокого давления специальных изделий техники / С.С. Юхневич, С.В. Ковалев, А.Ю. Рязанцев, А.И. Коновалов // Космическая техника и технологии. — 2023. — №3(42). — С. 15-22. — EDN CADQJD

Технологические особенности процесса сварки компенсатора из жаропрочной стали 20Х23Н18

Лукашин А.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Никитина Е.В.

МАИ, Москва

Сильфонные компенсаторы применяются в авиастроении в системах кондиционирования воздуха, антиобледенительных системах и системах авиационных двигателей. Основным преимуществом сильфонного компенсатора является его длительный срок эксплуатации, не требующий вспомогательного обслуживания. Срок службы такого устройства составляет десятки лет и зависит от запаса хода, условий эксплуатации и качества материалов, из которых он сделан. Многослойные металлические сильфоны предназначены для работы при температуре от -250 до +500 °С при относительной влажности воздуха до 100%. Как уже было сказано выше, что данный элемент относится к системам жизнеобеспечения самолётов, система кондиционирования воздуха и система регулирования давления в гермокабине самолёта, поэтому к сварному шву у данной конструкции должны применяться

соответствующие требования. А именно требования к герметичности, жёсткости, прочности сварных швов и минимальной массе. Исходя из условий эксплуатации и требований, предъявляемых изделию, была выбрана сталь 20Х23Н18, так как обладает достаточной прочностью. Трудности получения свариваемых соединений связаны с разнотолщинностью соединяемых деталей. Поэтому необходимо верно подобрать тепловложение, чтобы обеспечить проплавление тонкого металла, и электрод диаметром, соответствующий толщине тонкого металла, и подходящий режим сварки, и не прожечь его. Для этого был рассчитан режим, требующий нужную геометрию шва, поэтому были выбраны следующие параметры для сварки: $I_{св}=30-35\text{ А}$, $U_d=14\text{ В}$, $q_{Ar}=8-12\text{ л/мин}$, $d_э=1,4\text{ мм}$, $V_{пр}=58\text{ м/час}$, $V_{св}=20\text{ м/час}$. Для осуществления выбранного режима был выбран источник питания Triton-120, имеющий подходящие характеристики и возможность использования импульсного питания дуги. Для обеспечения качественной сборки и сварки выбран автомат УСК 50, а также разработана сварочная оснастка для обеспечения требуемой геометрии узла. Для сварки изделия будет использован дуговой способ сварки в аргоне неплавящимся электродом ЭВИ-1 диаметром 2 мм. Данный способ был выбран, так как благодаря высокой точности и контролю над процессом, ИНп сварка позволяет получить сварные соединения высокого качества с минимальными дефектами и трещинами.

Исследование влияния различных РЗЭ на структурные составляющие сложнолегированного заэвтектического силумина

Майоров Д.И., Федорцов Р.С.

Научный руководитель — к.т.н. Петров И.А.

МАИ, Москва

Отдельную группу литейных алюминиевых сплавов представляют Ni-содержащие силумины (поршневые сплавы), которые обладают высокой жаропрочностью и низким коэффициентом термического расширения. Сложнолегированный заэвтектический силумин, с содержанием Si-17%, Cu, Mg, Ni, Mn и Be является перспективным современным материалом. Сплав такого состава используют при изготовлении поршней дизельных двигателей, так как высокое содержание кремния в нем приводит к уменьшению коэффициента температурного линейного расширения (КТЛР). Одним из основных недостатков сложнолегированного заэвтектического силумина является низкая σ_B и δ . Существенную роль для увеличения эксплуатационных свойств сложнолегированных заэвтектических силуминов представляет измельчение структурных составляющих сплава. В первую очередь, это относится к кристаллам первичного Si — β -фаза. Во вторую очередь, это относится к следующим фазам входящим в состав сложнолегированного заэвтектического силумина: (α +Si), Mg_2Si , Al_2Cu , $Al_3(FeMn)_2Si_2$ и сложным фазам упрочняющим Al матрицу — $Al_3Cu_2Mg_8Si_6$, Al_3Cu_4Ni и Al_3FeNi . Известно несколько методов измельчения структуры Al сплавов: технологические (увеличение скорости охлаждения за счёт литья в металлическую форму, ультразвук и т.д.) и физико-химическое воздействие на расплав (легирование, микролегирование или комплексное модифицирование, при котором разные элементы воздействуют на различные структурные составляющие сплава) [1].

Модифицирующие элементы могут изменять характеристики зарождения, роста и формы кристаллов β -фазы. К таким элементам в первую очередь относят P, а также большинство РЗМ, Be и S. Такие элементы вводят в заэвтектические силумины, содержащие 13% и более Si. Для объяснения процесса модифицирования кристаллов β -фазы используются «зародышевая» и адсорбционная теория. Применительно к наиболее известному модификатору заэвтектических силуминов — P, согласно имеющимся взглядам, модифицирующий эффект связан с зародышевым действием частиц фосфида алюминия (AlP), которые образуются в сплавах Al-Si при введении P [2]. Однако, невозможно объяснить модифицирующее воздействие на кристаллы β -фазы некоторых элементов таких, как S, Se, Be и ряда РЗЭ с позиции чисто «зародышевой» теории. Механизмы модифицирования кристаллов β -фазы сводятся, по-видимому, к затруднениям роста кристаллов β -фазы из-за

адсорбции атомов модификатора на гранях растущих кристаллов (механизм «отравления» TPPE или ИТ) и понижением температуры зародышеобразования кремниевой фазы и изменением как энергии межфазного взаимодействия на границе раздела твердой и жидкой фаз, так и поверхностной энергии твердого Si, а также к увеличению числа центров кристаллизации за счёт дополнительных кластеров SiK [3].

В данной работе проведены исследования влияния различных РЗЭ (Y, Yb, Sm, Er, Nd, La, Ce, Sc, Eu) на структурные составляющие сложнолегированного заэвтектического силумина с целью ухода от стандартного модификатора. В ходе анализа микроструктуры по среднему значению ϕ «Ферета» было обнаружено, что к наибольшему измельчению кристаллов β -фазы в сложнолегированном заэвтектическом силумине вызывает добавка Er, Sc, Yb, La и Y. Размер кристаллов β -фазы снижается на 67%, 65,9%, 58,2%, 51,7% и 47,6% соответственно, относительно не модифицированного сплава. Добавка Sm и Ce вызывает среднее измельчение кристаллов β -фазы и его размеры снижаются на 38,2% и 33,9% соответственно, относительно не модифицированного сплава. Добавка Eu приводит к незначительному снижению размеров кристаллов β -фазы на 4,6%, относительно не модифицированного сплава. Nd не привел к измельчению кристаллов (β -фаза), а наоборот увеличил на 0,6%. Кроме модифицирования кристаллов β -фаза, исследуемые редкоземельные элементы измельчают кремний в эвтектике (α +Si). В исследуемом сложнолегированном заэвтектическом силумине к наибольшей сфероидизации и диспергированию эвтектического кремния приводят добавки Eu, Yb и Y.

Представленных данных недостаточно в полной мере, чтобы судить на сколько эффективно редкоземельные элементы влияют на сложнолегированные заэвтектические силумины. Необходимо провести ряд дополнительных исследований по определению физических свойств (прочность, твердость, износостойкость), технологических свойств (образование горячих, холодных трещин и т.д.), термодинамических свойств (КТЛР) и физико-химических свойств (температура ликвидус, температура солидус).

Список используемых источников:

1. Shlyaptseva AD, Petrov IA, Ryakhovsky AP, Medvedeva EV, Tcherdyntsev VV. Complex Structure Modification and Improvement of Properties of Aluminium Casting Alloys with Various Silicon Content. *Metals*. 2021; 11(12):1946.

2. Петров И.А., Ряховский А.П., Шляпцева А.Д., Федорцов Р.С., Майоров Д.И. Исследование влияния некоторых редкоземельных элементов на структуру и свойства силумина заэвтектического типа // *Технология Легких Сплавов*. 2023, № 2. с.11–19.

3. Петров И.А., Бережной Д.В. Влияние РЗЭ на процесс кристаллизации силумина заэвтектического типа // *Металлы*. 2023. № 5. С. 23–32

Точечная сварка трением с перемешиванием алюминиевого сплава АМг5 и полиметилметакрилата

Микуленко А.Д., Идрис М.Х.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Наумов А.А.

СПбПУ, Санкт-Петербург

Потребность в производстве транспортных средств с улучшенными характеристиками и в сокращении выбросов парниковых газов заставляет ученых и инженеров разрабатывать легкие гибридные конструкции. Стратегия создания таких конструкций при сохранении высоких эксплуатационных характеристик, безопасности и надежности привела к внедрению легких металлических сплавов и современных полимерных композиционных материалов. Точечной сваркой трением с перемешиванием (ТСТП) получают неразъемные соединения как одноименных, так разноименных металлов и полимерных материалов для различных транспортных средств.

ТСТП — это вариант технологии соединения металлополимеров, разработанный и запатентованный Helmholtz-Zentrum Geesthacht в Германии [1]. ТСТП представляет собой вариант сварки трением с перемешиванием без поступательного перемещения инструмента во время процесса сварки. Цель состоит в точечной сварке нахлест двух или более листов

путем погружения вращающегося инструмента с определенной скоростью до тех пор, пока заплечик не соприкоснется с верхним листом, в то время как неподвижный рабочий стол обеспечивает опору для осевых нагрузок [2]. Необходимая теплота для получения точечных соединений, генерируется в основном за счет трения между инструментом и образцами.

Точечные соединения внахлест выполнялись на установке для сварки трением с перемешиванием Матес-40Р. В качестве материалов использовались сплавы АМг5 и ПММА.

На первом этапе, при точечном соединении сплава АМг5 и ПММА с толщиной листов 4 мм использовались следующие параметры: скорость вращения в диапазоне 1000-2000 об/мин, длительность выдержки 8-12 с и глубина погружения, превышающая толщину сплава АМг5(4,5 мм). Для данных экспериментов использовался инструмент с наконечником диаметром 3 мм и заплечиком диаметром 12 мм. В результате чрезмерного усилия и глубины погружения металл и полимер не смогли образовать прочное соединение.

Также был использован зажим размером 50 x 200 x 4 мм для того, чтобы соединение не деформировалось под давлением инструмента. Далее была выбрана скорость вращения 3500 об/мин, которая показала хорошие результаты. Объем пузырьков изменялся в зависимости от скорости погружения. При увеличении скорости погружения до 3 мм/м — пузырьки расширялись. Мы решили взять скорость погружения равную 2 мм/м.

Выдержка в течение 10 секунд привела к уменьшению количества пузырьков в зоне нагрева. Отсутствие пузырьков в образцах указывало на то, что тепла было недостаточно для нагрева полимера. В результате мы решили увеличить диаметр штифта в будущих испытаниях с образцами большего размера.

На следующем этапе тестирования мы используем наконечник винтовой формы диаметром 5 мм и заплечик диаметром 18 мм. Размеры образцов металла и полимера составляли 35 x 100 мм с толщиной 2 мм для сплава АМг5 и 4 мм для ПММА. Мы снизили скорость погружения до 2 мм/мин и получили надежные результаты при трех повторениях. Испытание на растяжение проводили на разрывной машине ZWICK/ROELL Z100 на образцах типа 9 с шириной рабочей части 25 мм по ГОСТ 6996-66. Образец с размерами (25 x 100 мм) и параметрами скорости вращения 3500 об/мин, глубины погружения 2 мм/мин и времени выдержки 2 с показал наиболее высокие результаты со средним значением 2278 Н и стандартным отклонением 106 Н. Значения испытаний на разрыв сравнивались с исследованиями соединения металла и полимера с использованием метода ТСТП, взятыми из других статей. Результаты наших экспериментов оказались перспективными, с более высокими значениями, по сравнению с [3] и [4], которые использовали тот же тип соединения и соответствующее оборудование.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Скорость погружения имеет важное значение в передаче тепла от металла для создания пузырьков на полимерной стороне, что приводит к переходу из твердого состояния полимера в жидкое и образованию физической адсорбции с появлением связи между полимером и металлом (в результате слабых ван-дер-ваальсовых сил). Частота образования мелких плотных пузырьков в области соединения оказывает значительное влияние на улучшение механических свойств соединения.
2. Процесс соединения в значительной степени зависит от теплопроводности, геометрии и процесса зажима. Высокая теплопроводность материала зажима приводит к тому, что тепло от процесса трения распределяется не только по образцам, но и по зажиму, тем самым уменьшая подвод тепла к образцам;
3. Диаметр наконечника и заплечика оказывают существенное влияние на подвод тепла.
4. Увеличение скорости вращения способствует увеличению образования пузырьков, но для хорошего соединения требуется подбор параметров скорости погружения и времени выдержки.

Список используемых источников:

1. Thomas, M., Nicholas, J., Needham, J. et al — Friction Stir Welding// GB Patent Application No. 9125978, Dec 1991, US Patent No. 5460317, 1991.
2. Goushegir S.M., dos Santos J.F., Amancio-Filho S.T. Friction Spot Joining of aluminum AA2024/carbon-fiber reinforced poly(phenylene sulfide) composite single lap joints:
3. Yusof F. et al. Effect of Surface States on Joining Mechanisms and Mechanical Properties of Aluminum Alloy (A5052) and Polyethylene Terephthalate (PET) by Dissimilar Friction Spot Welding // Metals. 2016. Vol. 6, № 5. P. 101.
4. Pandey A.K., Nayak K.C., Mahapatra S.S. Characterization of friction stir spot welding between copper and poly-methyl-methacrylate (PMMA) sheet // Materials Today Communications. 2019. Vol. 19. P. 131–139.

Моделирование процесса точечной сварки трением с перемешиванием алюминиевых сплавов В95АТ1, АД35Т1, Д16АТ

Панченко Е.В., Микуленко А.Д.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Наумов А.А.

СПбПУ, Санкт-Петербург

Точечная сварка трением с перемешиванием (ТСТП), является одной из разновидностей сварки давлением, или сварки без расплавления. Суть ТСТП заключается в нагреве деталей путём непосредственного преобразования механической энергии сил в теплоту благодаря работе сил трения.

С помощью процесса ТСТП можно сваривать такие конструкции из таких материалов как: медь, титан и никель. Более того, с помощью ТСТП можно сваривать изделия, которые раньше были не свариваемыми или трудно свариваемыми, например, термоупрочняемые алюминиевые сплавы. Этот метод можно использовать для производства различных форм сварных швов, в том числе стыковых, нахлесточных, угловых, тавровых, точечных, угловых.

Для подбора, рациональных режимов сварки, оптимальных конструкций инструмента и получения качественного сварного соединения деталей в результате ТСТП целесообразно применение математического моделирования и экспериментальное исследование теплового состояния инструмента и деталей в процессе сварки.

Целью данной работы является разработка компьютерной модели процесса точечной сварки трением с перемешиванием алюминиевых листов из сплава В95АТ, АД35Т, Д16АТ.

Отличительной особенностью этого вида сварки является способ нагрева деталей, или способ введения теплоты в область сварки. Механическое соединение деталей осуществляется посредством воздействия на кромки соединяемых деталей специального вращающегося инструмента, который состоит из двух основных частей — заплечика и наконечника [1].

Этот инструмент переводит металл в области стыка в пластическое состояние и перемешивает его. Необходимая температура для перевода в пластическое состояние обычно составляет около 0,8Т от температуры плавления и, обычно, достигается благодаря силам трения и работе деформации [2].

Моделирование процесса точечной ТСТП производилось в программе DEFORM 3D. Задача была определена, как деформационная и тепловая. Постановка задачи осесимметричная. Заготовка, подвергается деформации — две алюминиевые пластины. Материал пластины был взят из библиотеки программы DEFORM 3D. Среда заготовки — пластическая. Сетка образца была равномерная и состояла из 40000 элементов. Инструмент представлял из себя гладкий цилиндрический наконечник, соединённый с плоским заплечиком. Заплечик и наконечник были объединены вместе в один элемент. Среда инструмента — жёсткая. Температура инструмента была постоянной и равнялась 20°C. Скорость погружения инструмента равнялась 2,5 мм/мин, а скорость вращения инструмента равнялась 2000/5000/8000 оборотов в минуту.

По результатам исследования можно сделать вывод, что максимальные напряжения в материале возникают в первые секунды контакта инструмента и образца. С продолжением

процесса температура повышается, сопротивление материала деформации уменьшается и напряжения уменьшаются и в процессе работы изменяются слабо.

Так же построенная модель позволяет получить информацию о интенсивности деформации образца.

В результате исследования определено, как меняется температура образца в течении процесса. В середине, где деформации максимальны, температура, так же достигает максимальных значений. В ходе процесса основное нарастание температуры происходит в момент погружения инструмента в образец.

На втором этапе температура растёт медленнее, т.к. основная энергия идёт на интенсивное перемешивание материала. Отсюда можно сделать вывод, что силы трения между материалом и инструментом, гораздо выше, чем силы трения, возникающие при пластическом деформировании материала. Так же можно проследить влияние скорости вращения инструмента на температуру, до которой металл нагревается в процессе СТП.

При скорости вращения инструмента равной 2000 об/мин максимальная температура, до которой нагревался свариваемый образец, была 280°C. А при вращении инструмента со скоростью 8000 об/мин максимальная температура, до которой нагревался образец в процессе СТП была равна 310°C. Отсюда, можно сделать вывод, что чем выше скорость вращения инструмента тем выше внутренние деформации в металле и тем выше температура, до которой нагревается материал.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда No 23-29-00842, <https://rscf.ru/project/23-29-00842/>.

Список используемых источников:

1. Nandan R., DebRoy T., Bhadeshia H.K.D.H. Recent advances in friction-stir welding — Process, weldment structure and properties // Progress in Materials Science. 2008. Т. 53, № 6. С. 980–1023.

2. Ma Z.Y. и др. Recent Advances in Friction Stir Welding/Processing of Aluminum Alloys: Microstructural Evolution and Mechanical Properties // Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences. Taylor and Francis Inc., 2018. Т. 43, № 4. С. 269–333.

Критериальный подход к производству изделий из композиционных материалов методами обработки металлов давлением

Попова Ю.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Палтиевич А.Р.

МАИ, Москва

Процессы обработки металлов давлением (ОМД) являются эффективным способом производства изделий и полуфабрикатов из композиционных материалов (КМ) на металлической основе. Для производства изделий из волокнистых (КМ), КМ, армированных частицами и слоистых материалов используют процессы ОМД.

Применение в КМ компонентов с различными физико-механическими свойствами создает проблему их совместимости как на этапе изготовления, так и в процессе эксплуатации, обусловленной, в основном, различием в коэффициентах линейного термического расширения при одинаковых давлениях и температурах. В случае СКМ, проблема совместимости в использовании материалов с существенной разницей физико-химических и механических свойств.

В зависимости от вида КМ можно сформулировать следующие критерии протекания технологических процессов:

1. Критерий компактности / Для ВКМ коэффициент неплотности K_{np} .

КМ после процесса деформирования должен иметь компактное строение — в процессе компактирования сборной заготовки должно произойти ее полное уплотнение.

2. Критерий формирования прочного соединения компонентов.

Прочность соединения обеспечивается с одной стороны требуемым для данных материалов уровнем напряженно-деформированного состояния, а с другой — временем образования прочной связи.

Необходимую степень деформации и скоростной режим этого процесса позволяет оценить критерий прочности.

3. Критерий сохранения сплошности компонентов.

Различный уровень силового воздействия претерпевают изделия и заготовки ВКМ во время процесса уплотнения.

На начальной стадии процесса компактирования компоненты воспринимают упругую деформацию. На последующей стадии пластическому течению подвергается исключительно матрица, а также происходит уплотнение заготовки, — этап однокомпонентной деформации.

Пластически деформироваться на последнем этапе будут уже все компоненты ВКМ. Так как последняя стадия данного процесса сопровождается достаточно активным дроблением волокон, то нельзя допускать ее появления при проектировании технологического процесса изготовления деталей из ВКМ.

Для матричного компонента СКМ должно выполняться условие сохранения его сплошности.

4. Температурный критерий.

Температуры, при которых осуществляется формирование КМ, должны соответствовать интервалу горячей обработки давлением матричного компонента.

Приведенные выше критериальные параметры не являются исчерпывающими при производстве изделий из КМ. Тип КМ, технологический процесс его изготовления, особенности физико-химического строения упрочняющих материалов, конструктивные особенности изделий из КМ могут определять дополнительные параметры в критериальной системе.

На основе критериальной системы были разработаны технологические процессы производства труб из ВКМ системы АI-B и листов из СКМ системы АД1-M1. Параметры технологического процесса, разработанные на основе критериальной системы, обеспечили компактное строение готового изделия при требуемых прочностных характеристиках.

На основе вышеуказанной экспериментальной проверки был сделан вывод, что предлагаемая методика, основанная на использовании критериальной системы, может считаться универсальной и позволяет разрабатывать технологии процесса получения КМ с различными типами упрочнения, обеспечивающие получение изделий с прогнозируемыми механическими и эксплуатационными свойствами.

Список используемых источников:

1. Композиционные материалы. Под общ. ред. Л. Браутмана и Р. Крока. Композиционные материалы с металлической матрицей. Ред. К. Крейдер, пер. с англ., под ред. К.И. Портного, - М.: Машиностроение, 1978, — 504 с.

2. Галкин В.И., Евсеев П.С. Галкин Е.В., Новый метод получения листовых металлических материалов, армированных частицами / Новости материаловедения. Наука и техника // 2016. № 3 (21). С. 4–16.

3. Галкин В.И., Палтневич А.Р., Галкин Е.В., Технология получения армированных труб системы АI-B методом волочения / Сб. трудов XVII-ой Международной научно-технической конференции «Быстрозакаленные материалы и покрытия» // Москва, 2020, с. 395–400.

Структурный анализ прокатанных лент из заготовок, полученных методами непрерывного литья и в кокиль

Редьков Е.А.

Научный руководитель — профессор, Пашков И.Н.

МАИ, Москва

Прокатка — это вид обработки металла давлением, при котором металл пластически деформируется между вращающимися вальками прокатного стана.

Целью работы является рассмотрение методов прокатки лент из круглой заготовки — прутка, полученной методом непрерывного литья и плоской заготовки — слитка, полученной

литьем в кокиль. Необходимо провести расчет обжата прокатки обеих заготовок и их температурные режимы.

Литье в кокиль характеризуется высокой охлаждающей способностью. Это обеспечивает более быстрое затвердевание и охлаждение отливок, что повышает плотность и механические свойства сплава и позволяет получать высококачественные заготовки для прокатки.

По сравнению с традиционными методами, метод непрерывной разливки требует меньших капиталовложений, более прост в эксплуатации и экономичен в производстве. Непрерывное литье характеризуется неограниченной длиной и точностью получаемых заготовок, что позволяет автоматизировать процесс прокатки.

Чтобы получить высококачественный прокат, необходимо уделять внимание качеству заготовок. Для этого следует контролировать частоту исходного материала и проконтролировать процесс плавки от начала до конца. Если принимаются заготовки с примесями или микротрещинами, дефекты проявятся на этапе прокатки. Утончение полосы приводит к тому, что включения и микротрещины сближаются и превращаются в крупные очаги деформации. На краях полосы образуются трещины, что приводит к её разрыву.

Результатом работы должен являться структурный анализ полученных лент. Необходимо обратить внимание на качество конечного изделия, на наличие примесей и дефектов, в частности микротрещин. Необходимо сделать выводы о практических преимуществах и недостатках обоих способов получения заготовок.

Список используемых источников:

1. Технология прокатки авиационных материалов: учебное пособие / А.П. Петров [и др.]; МАИ (нац. исслед. ун-т). — Москва: МАИ, 2021. — 90 с.
2. Технология специальных видов литья: учебное пособие / В.М. Сенопальников, В.Л.Сивков, М.А. Гейко. — Нижний Новгород, 2014. — 155 с.

Особенности модифицирования сплава АК12 с различным содержанием примесей

Солдатов П.А., Акулов М.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шляпцева А.Д.

МАИ, Москва

Известно, что эвтектические силумины применяются только в модифицированном виде. В результате модифицирования измельчается структура сплавов, что благоприятно сказывается на их механических свойствах. При этом примеси, содержащиеся в сплаве, снижают общий уровень качества сплава, а также могут оказывать влияние на эффективность модифицирования.

Цель работы — анализ влияния примесей, в том числе железа, содержащихся в эвтектическом силумине АК12 на эффективность модифицирования, а именно на формирование модифицированной структуры сплава и повышение показателей его механических свойств.

Для исследования выбрали пять сплавов АК12, содержащие масс. % примесей (по данным спектрального анализа): 1,5; 1,4; 0,5, 0,2; 0,1 и масс. % железа соответственно: 0,6 (АК12ж); 0,45 (АК12ч); 0,3 (АК12пч); 0,15 (АК12оч), 0,05 (АК12оч). Исследовали влияние двух модифицирующих составов: стандартный флюс (СФ), состава $\text{NaF}+\text{NaCl}+\text{KCl}$ и комплексный флюс (КМФ), состава $\text{K}_2\text{TiF}_6+\text{BaF}_2+\text{C}$ [1].

Результаты механических испытаний показали, что с повышением содержания примесей, в т.ч. железа, в сплаве понижается эффективность модифицирования силумина, как стандартным флюсом, так и комплексным составом. При этом сплавы, обработанные комплексным флюсом, имеют более высокие механические свойства чем сплавы, модифицированные стандартным модификатором.

Наибольшее влияние примеси оказывают на относительное удлинение (δ) сплава. Так, при содержании примесей от 0,5 до 1,5 масс. % (0,3 – 0,6% Fe) δ сплава, модифицированного СФ составляет от 1,9 до 4,3%, что соответствует повышению δ не более чем в 2,5 раза по сравнению с немодифицированным сплавом. При модифицировании КМФ,

δ сплава составляет от 2,4 до 4,8%, что соответствует повышению δ не более чем в 2,9 раза по сравнению с немодифицированным сплавом.

При меньшем содержании примесей в сплаве 0,1 – 0,2 % (0,05 – 0,15% Fe) эффективность модифицирования повышается в разы: δ сплава, модифицированного СФ возрастает до 9,43 – 10,4%, что соответствует повышению δ в 4,5 раза по сравнению с немодифицированным сплавом. А при модифицировании сплава КМФ δ возрастает до 10,93 – 12,69%, что соответствует повышению δ в 5,4 раза по сравнению с немодифицированным сплавом.

Проведённые микроструктурные исследования сплавов с 0,3 – 0,6% Fe показали, что микроструктура силуминов, обработанных СФ и КМФ преимущественно не модифицирована, при этом имеются участки по площади шлифа с модифицированным кремнием в эвтектике (α + Si). При меньшем содержании примесей (0,05 – 0,15% Fe) в сплавах, обработанных флюсом, микроструктура полностью модифицирована и состоит из однородно модифицированных колоний эвтектики (α + Si).

Таким образом, при выборе модифицирующего состава для сплава АК12 необходимо учитывать содержание примесей, в т.ч. железа в сплаве. Так, для выбранных сплавов с содержанием примесей от 0,5 до 1,5 масс. % (0,3 – 0,6% Fe) модифицирование стандартным натрийсодержащим флюсом неэффективно, модифицирование комплексным флюсом – малоэффективно. Также целесообразно проведение дальнейших исследований по изучению влияния исследуемых модифицирующих составов на форму и размеры железосодержащих фаз в силумине.

Список используемых источников:

1. Shlyaptseva AD, Petrov IA, Ryakhovsky AP, Medvedeva EV, Tcherdyntsev VV. Complex Structure Modification and Improvement of Properties of Aluminium Casting Alloys with Various Silicon Content. Metals. 2021; 11(12):1946.

Применение метода голографической интерферограммы для оценки технического состояния деталей авиационной техники

Старченко А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Чижев И.А.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Для оценки технического состояния деталей авиационной техники (АТ) нашли широкое применение различные виды и методы неразрушающего контроля (НК). Оптический является одним из видов НК ГОСТ 56542-19 основанный на анализе взаимодействия оптического излучения с объектом контроля. Наиболее широкое распространение получил визуально-оптический метод неразрушающего контроля (МНК) как наиболее простой, но не обладающей большой чувствительностью и возможностями автоматизации контроля.

В отличие от него метод голографической интерферограммы (МГИ) НК позволяет исследовать не только состояние поверхности объекта контроля (ОК), но и его напряженное состояние. Разновидностями МГИ НК являются методы: усреднения во времени, двух экспозиций, реального времени и стробоголографический.

Метод усреднения во времени (МУВ) проводится на колебательных ОК при периодическом нагружении его. Интерференция в это время усредняется на фотопластинке и усредняется в определенном промежутке времени. Из-за усреднения, которое значительно превышает период вибрации ОК, получаем контурное изображение стоячих волн на поверхности объекта. Точки, которые не смещаются, называются узловыми и на картинке выглядят в виде ярких пятен.

При методе двух экспозиций (МДЭ) сначала получают голограмму исследуемого объекта в его исходном состоянии (ненагруженном, ненагретом или недеформированном). Затем объект подвергают внешнему воздействию, и голограмма в измененном состоянии записывается на ту же фотопластинку (ФП). При восстановлении изображения с двукратно экспонированной голограммы наблюдаются результаты интерференции полей, присутствующих в разные моменты времени: во-первых, волновых полей, несущих информацию об исходном состоянии предмета; во-вторых, волновых полей, несущих

информацию об измененном состоянии. Полученная сеть интерференционных полос накладывается на изображение объекта и используется для определения изменений, произошедших в объекте.

Метод реального времени (МРВ) похож на МДЭ; различие в том, что вторую экспозицию интерферируют в реальном времени с ОК. При реконструкции опорный и объектный пучок освещают голограмму и объект, с которого была получена голограмма. Отраженные волны интерферируют друг с другом, что позволяет сравнить реальный объект с эталоном. Например эталон может быть синтезированной на ЭВМ.

Стробоголографический метод (СМ) используется в сочетании с МРВ. Для того чтобы проявить голограмму, сначала её фиксируем в спокойном состоянии ОК и возвращают ФП в исходное положение. Затем излучают короткий лазерный импульс на вибрирующую поверхность ОК. Вибрирующая поверхность происходит на разных фазах и лазерный импульс фиксирует их, что позволяет сравнивать положение поверхности на любой фазе вибрации с положением неподвижного объекта.

На данный момент отсутствуют описания случаев практического применения СМ и МУВ. МДЭ используется редко, из-за сложности в создании эталонов для проверки объектов. МРВ удобен, так как эталон возможно записать в цифровом виде на ЭВМ, что способствует появлению возможности для создания программы обеспечения (ПО), которое облегчит идентификацию дефектов. Наличие ПО и большого количества результатов экспериментов по оценке напряженно-деформированного состояния позволит создать базу данных различных состояний ОК и в автоматизированном режиме прогнозировать остаточный ресурс деталей АТ.

Список используемых источников:

1. Восстановление авиационной техники: Курс лекций /Н.А. Сажин, Е.Н. Медведев и др. Иркутск: ИВВАИУ. 1988 г.
2. Научно-технический отчет о НИР. Совершенствование лазерных методов дефектоскопического состояния поверхностей авиационных деталей. Шифр «Спираль» (заключительный) ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора Н.Е. Жуковского и А.Ю. Гагарина (г. Воронеж) 2014 г.

Изучение возможности использования сплава АМг2 для изготовления узлов летательных аппаратов

Филинов В.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Степанов В.В.

МАИ, Москва

В настоящее время получение ответственных сварных конструкций узлов летательных аппаратов является достаточно актуальной задачей, поскольку позволяет обеспечить высокие эксплуатационные характеристики всей конструкции. Одним из основных типов ответственных конструкций являются баки и различные герметичные резервуары летательных аппаратов. Их отличительной особенностью является необходимость сохранения герметичности при возможном воздействии различных внешних факторов. В связи с этим при разработке таких узлов необходимо использовать материалы, которые будут препятствовать раскрытию трещин. Анализ литературы показал, что из металлических материалов достоящими пластическими свойствами и вязкостью, при удовлетворительной удельной прочности обладает сплав типа АМг2 в отожжённом состоянии. Также для изготовления таких конструкций может использоваться более прочные алюминиевые сплавы типа 01523, легированные редкоземельными материалами. Однако, данные сплавы выпускаются опытными партиями, что требует дальнейшего изучения возможности их использования в ответственных конструкциях.

Возможность использования сплава АМг2 для изготовления герметичных ответственных конструкций рассматривалось на примере изготовления воздушного резервуара, который может быть использован в системе пневматического управления, пневматического торможения, пневматических системах аварийного сброса топлива и т.п. В работе была проанализирована конструкция воздушного резервуара, сформулированы требования к сварным соединениям и околошовной зоне, проведена теоретическая оценка свариваемости

сплава АМг2 методами сварки плавлением. В результате было установлено, что для изготовления конструкции предпочтительно использовать аргоно-дуговую сварку неплавящимся электродом на обратной полярности, поскольку в этом случае склонность к «вспучиванию» материала проявляется в меньшей степени, а также обеспечивается возможность высокого уровня автоматизации процесса для уменьшения вероятности возникновения дефектов в процессе сварки. В результате теоретического анализа была установлена возможность образования пористости в зоне сварного шва. В связи с этим для устранения данного вида дефекта были предложены технологические приёмы, позволяющие повысить качество сварного шва.

На основании проведённой работы был предложен технологический процесс изготовления конструкций типа воздушный резервуар из сплава типа АМг2. Вместе с этим при дальнейшей практической реализации процесса желательно рассмотреть возможность использования аналогичных сплавов повышенной прочности, типа 01523.

Список используемых источников:

1. ГОСТ 4784-97 АЛЮМИНИЙ И СПЛАВЫ АЛЮМИНИЕВЫЕ ДЕФОРМИРУЕМЫЕ.
2. Г.А. Николаев, И.Н. Фридляндер, Ю.П. Арбузов — СВАРИВАЕМЫЕ АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ. изд. «Металлургия» 1990 — стр. 122–178.
3. Г.Д. Никифоров, Г.В. Бобров, В.М. Никитин, В.В. Дьяченко — ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ. изд. «Машиностроение» 1978 — стр. 143–157.
4. ГОСТ 14806-80 ДУГОВАЯ СВАРКА АЛЮМИНИЯ И АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В ИНЕРТНЫХ ГАЗАХ. СОЕДИНЕНИЯ СВАРНЫЕ.

Исследование особенностей волочения продольно армированных труб из ВКМ АI-B на подвижной оправке

Ческидов В.П.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Палтиевич А.Р.

МАИ, Москва

Сборные силовые элементы играют важную роль в конструкции летательных аппаратов. Их задача обеспечивать жесткость в условиях циклических нагрузок и повышенных температур, при строгом регулировании веса изделия.

Продольно-армированные трубы из бореалюминия (АI-B) широко используются как силовые элементы благодаря своей способности выдерживать длительные нагрузки без утраты продольной устойчивости, превосходя другие конструкционные материалы.

Одним из перспективных способов изготовления труб из ВКМ является волочение на подвижной оправке. Особенность деформирования в этом случае заключается в компактировании сборной заготовки, при котором осуществляются значительные поперечные деформации, за счет уплотнения слоев и незначительном продольном удлинении. Это позволяет использовать высокую пластичность алюминия, как матричной составляющей и не допускать разрывов волокон бора, ориентированных в осевом направлении.

Волочение ВКМ выгодно отличается более низкими усилиями компактирования, в сравнении с другими процессами, например, такими как термокомпрессия или газостатическое прессование.

Использование подвижной оправки помогает при волочении подпирать материал сборной заготовки во время процесса компактирования, обеспечивая необходимый внутренний диаметр трубы и снижая уровень трения на внешней поверхности для улучшения качества изделия. В то же время внешняя поверхность композитной трубы перемещается по рабочей зоне волоки, в результате чего на изделии возможно появление потертостей и рисков, а инструмент подвергается дополнительному контактному выкрашиванию.

Применение внешней алюминиевой оболочки помогает уменьшить износ инструмента и улучшает качество внешней поверхности трубы, за счет снижения сдвиговых напряжений на ней. Однако, в отличие от сборной заготовки, при волочении деформация сплошной алюминиевой оболочки осуществляется, как в поперечном, так и в осевом направлении, подчиняясь закону сохранения объема. Решением этой проблемы может стать создание

компенсационных полостей в волоке, куда будут перетекать излишки деформированной оболочки.

Задачей исследований является определение количества и глубины пазов в волоке, обеспечивающих компенсацию осевому удлинению. Инструментом исследований является моделирование пластического течения сборной заготовки и оболочки при их совместном волочении.

Применение компьютерных программ для моделирования технологических процессов, таких как QFORM, позволяет анализировать и оптимизировать параметры процесса еще на этапе проектирования, что экономит время и ресурсы, обеспечивая возможность выбора оптимального варианта без проведения дорогостоящих физических испытаний.

Абсолютное обжатие заготовки ВКМ учитывается в моделировании при помощи конической формы концевой части внутренней оправки, позволяя рассчитать обжимающие напряжения для оптимизации процесса формования труб из ВКМ.

Применение разработанных режимов волочения обеспечивает производство труб с компактной структурой, прочной связью между компонентами и сохранением целостности волокон, обеспечивая получение материалов, соответствующих требованиям по качеству и свойствам.

Секция №8.2 Аддитивное производство и цифровые технологии

Влияние термопластичного модификатора на структурообразование фотоотверждающейся системы

Бажанов Д.А.

Научный руководитель — к.х.н. Шапагин А.В.

ИФХЭ им А.Н. Фрумкина РАН, Москва

В настоящее время на предприятиях полимерной промышленности активно внедряются аддитивные технологии в качестве новых методов получения полимерных изделий сложной формы, что ускоряет и удешевляет процесс их производства относительно традиционных методов (прессования, литья и др.). При этом широко востребованы технологии, основанные на фотополимеризации компаундов, а модификация коммерчески доступных фотополимерных композиций (ФПК), направленная на устранение эксплуатационных недостатков, является актуальной задачей совершенствования свойств существующих и разработки новых материалов для 3D-печати.

Целью текущей работы являлось комплексное исследование структурообразования в фотоотверждающейся системе трет-бутилакрилат (ТБА) — сополимер этилена и винилацетата с содержанием винилацетата 40 мас. % (СЭВА-40) [1].

Объектами исследования были выбраны: жидкий мономер ТБА (Acros Organics, Бельгия), термопластичный модификатор СЭВА-40 марки HANWHA EVA 1540 (Hanwha Solutions Corporation, Южная Корея) и фотоинициатор Irgacure 819 (Macklin, Китай). Содержание модификатора в ФПК варьировали в интервале 5-20 массовых частей (масс. ч.) на 100 масс. ч. мономера (с шагом 5), а фотоинициатора — 1 масс. ч. на 100 масс. ч. мономера.

Методами ротационной и осцилляционной вискозиметрии на реометре HAAKE RheoStress 1 (Thermo Electron (Karlsruhe) GmbH, Германия) при 20°C исследованы реологические свойства неотвержденных ФПК и реокинетические закономерности процесса их фотоотверждения. Методом дифференциальной фотокалориметрии (Фото-ДСК) на DSC 204 F1 Phoenix (Netzsch-Geratebau GmbH, Германия) с приставкой-источником света Thorlabs OSL2 Fiber Illuminator (Thorlabs Inc., США) в атмосфере аргона исследована кинетика химической реакции фотополимеризации как исходной, так и модифицированных систем. Методом рассеивания УФ-излучения ($\lambda = 405$ нм), происходящем при отверждении системы, на разработанном лабораторном стенде исследована кинетика фазового распада модифицированных ФПК. Методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) на JSM-6060A (JEOL Ltd., Япония) исследована фазовая структура всех отвержденных систем.

Построены зависимости изменения вязкости от скорости сдвига. Установлено, что введение модификатора увеличивает динамическую вязкость ФПК с 1,04 мПа•с на 3 порядка (при 20 масс. ч. СЭВА-40). Введение более 10 масс. ч. модификатора приводит к появлению у материалов тиксотропных свойств, вследствие изменения характера течения с ньютоновского на псевдопластический. Методом осцилляционной вискозиметрии с применением УФ-модуля исследованы реокинетические закономерности процесса фотоотверждения и определены точки гелеобразования для всех систем и начала фазового распада — для модифицированных. Выявлено влияние модификатора и мощности излучения на кинетику химической реакции отверждения. Получены СЭМ-изображения отвержденных модифицированных систем и построены корреляционные зависимости влияния концентрации модификатора и кинетики отверждения на тип фазовой структуры и размеры структурных элементов отвержденных систем.

Таким образом, ФПК с содержанием 5-10 масс. ч. СЭВА-40 потенциально подходят для использования в методах SLA/DLP (фотополимеризация в ванне). При введении 20 масс. ч. модификатора — для метода «Hot Lithography» за счет повышенной вязкости и для метода UV-DIW (экструзия с последующим облучением), благодаря тиксотропным свойствам [2, 3].

На следующем этапе будут изучены физико-механические свойства исследуемых ФПК и 3D-моделей на их основе.

Список используемых источников:

1. Bazhanov D.A., Poteryaev, A.A., Shapagin, A.V., Shcherbina, A.A. Ethylene-Vinyl Acetate Copolymers as Potential Thermoplastic Modifiers of Photopolymer Compositions // *Polymers*. 2023. Vol. 15. No. 1. P. 131.
2. Ligon S.C. et al. Polymers for 3D printing and customized additive manufacturing // *Chemical reviews*. 2017. P. 117. No. 15. P. 10212–10290.
3. Schwartz J.J. Additive manufacturing: Frameworks for chemical understanding and advancement in vat photopolymerization // *MRS bulletin*. 2022. Vol. 47. No. 6. P. 628–641.

Прочностные характеристики деталей, изготовленных методом 3D-печати с различным уровнем заполнения при трёхточечном изгибе

Баимова И.И.

Научный руководитель — к.т.н. Гарипова Л.И.

КНИТУ-КАИ, Казань

Современное машиностроение располагает достаточно широким спектром методов изготовления изделий. Аддитивные технологии, или же технологии послойного синтеза, — одно из самых перспективных и инновационных технологических процессов [1, 2]. Предназначением аддитивных технологий является послойное выращивание деталей со сложной геометрией, наличием закрытых полостей и перегородок, которые нереализуемы или сложно реализуемы другими технологиями обработки материалов. Наличие закрытых полостей в изделиях существенно влияет на его прочностные характеристики. Один из типовых способов создания внутренних полостей внутри изделий является применение коэффициента заполнения [3, 4].

В данной работе рассматривается влияние параметра «плотность заполнения» на изгибную прочность напечатанных образцов. Исследование проводилось с применением программного обеспечения Repetier-Host V2.3.2, которое используется для создания G-кода для принтера Zenit 3D (Россия) с технологией FDM-печати (послойное наплавление пластика).

В качестве материала использовался PETG (полиэтилентерефталатгликоль) пластик фирмы Bestfilament, а в качестве тестовой модели — геометрический объект в виде параллелепипеда. Соотношение сторон было выбрано согласно ГОСТу, по правилу $b=3h$, $l=20h$.

После печати было проведено исследование влияния параметра плотности заполнения от 10% до 100% шагом 10%. Также проведен анализ изменения длины прутка, массы изделия, момента инерции сечений для указанных значений плотности, в ходе которого сделаны выводы, что при необходимости возможно применение изделий с неполным заполнением для повышения удельной жесткости.

Распечатанные образцы были испытаны на трехточечный изгиб. Испытания выполнены на специально созданной установке в соответствии с ГОСТ.

В результате исследования сделаны выводы, что снижение плотности заполнения приводит к повышению удельной жесткости изделия. Следовательно, в зависимости от различных проектируемых изделий можно подбирать рациональные значения коэффициента плотности заполнения.

Список используемых источников:

1. Новиков С.В., Рамазанов К.Н. Аддитивные технологии: состояние и перспективы: учебное пособие [Электронный ресурс] / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. — Уфа: УГАТУ, 2022.
2. Войнов П.С., Бельский В.Я., Белинин Д.С., Варушкин С.В. Возможности применения аддитивных технологий при конструировании и производстве вооружения, военной и специальной техники // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение*. — 2021. — Т. 23, №2. — С. 70–78.

3. Сольников Р. И., Аль-Кисвани А. И. Быстрое прототипирование в проектировании и производстве прецизионных приборов на основе аддитивной технологии / Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ» № 7/2019. — С. 35–41.

4. Матюшкин Л.Б., Пермяков Н.В. Применение технологии 3D-печати в обеспечении профессионально ориентированной подготовки кадров в интересах nanoиндустрии / Биотехносфера. Медико-технический менеджмент и образование. № 3(27)/2013. — С.38–47.

Объемная постобработка образцов из АБС пластика, изготовленных методом FDM-печати

Говоров И.С.

Научный руководитель — к.х.н. Малахо А.П.

ТулГУ, Тула

Моделирование наплавлением (FDM), одно из наиболее часто используемых в отрасли методов аддитивного производства, оно включает в себя послойное осаждение расплавленного материала для создания трехмерной структуры. В последнее время метод FDM-печати все чаще рассматривается как технология, конкурирующая с широко известным методом изготовления неметаллических изделий — литьем под давлением. Однако в силу специфики процесса печати, связанной с послойным формированием, напечатанные изделия с точки зрения прочности и качества поверхности значительно уступают изделиям, полученным литьем под давлением. К основным недостаткам изделий, напечатанных методом FDM, относятся:

- Искажения формы, возникающие из-за остаточных напряжений, вызванных температурными градиентами во время печати;
- Микропустоты, возникающие в чистом полимере в зависимости от межрастрового зазора и толщины слоя, задаваемых при печати;
- Микропустоты, возникающие при печати композиционного материала вследствие неравномерного распределения наполнителя внутри материала матрицы либо плохого сцепления между наполнителем и матрицей;
- Высокая шероховатость поверхности готового изделия, возникающая из-за лестничного эффекта [1,2].

В последнее время большое внимание уделяется исследованиям различных методов дополнительной обработки изделий, получаемых методом FDM-печати, направленных на улучшение физико-механических и эксплуатационных характеристик.

Целью работы является исследование влияния постобработки на физико-механические свойства изделий, изготовленных методом FDM — печати из АБС пластика.

На основе анализа литературных данных в качестве термической постобработки рассматривалась обработка в порошке NaCl, тальке и гипсе. В ходе работ были проведены исследования прочности на растяжение, пористости и деформаций в результате термической постобработки напечатанных образцов.

По результатам экспериментальных исследований, можно сделать следующие выводы. Применение термической постобработки в дисперсной среде в порошке NaCl показывает наибольшее улучшение физико-механических характеристик в сравнении с другими дисперсными структурами, прирост составляет в среднем 12-14 %. Пористость улучшилась в среднем на 43%. Применение термической постобработки в дисперсной среде позволяет улучшить физико-механические свойства. Увеличение прочности и уменьшение пористости после постобработки можно объяснить заполнением межрастровых и межслойных пустот вследствие подплавления материала. Наиболее перспективным с точки зрения улучшения свойств является метод постобработки в порошке NaCl. Однако значительные деформации, наблюдаемые для образцов после постобработки всеми методами, говорят о том, что необходима корректировка методик и разработка новых технологических способов проведения термической постобработки, поскольку в случае конкретного изделия такие деформации недопустимы.

Работа выполнена в рамках гранта ректора ТулГУ для обучающихся по образовательным программам высшего образования программ магистратуры ЭИИТ/23/01/ГРР_М от 12.12.2023.

Работа выполнена при финансовой поддержке комитета Тульской области по науке и инноватике в рамках соглашения №10 от 07.09.2022.

Список используемых источников:

1. Singh, S. Optimization and reliability analysis to improve surface quality and mechanical characteristics of heat-treated fused filament fabricated parts / S. Singh, M. Singh, C. Prakash, M. K. Gupta, M. Mia, R. Singh //The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. — 2019. — V. 102. — P. 1521–1536.

2. Amza C. G. et al. Enhancing mechanical properties of polymer 3D printed parts //Polymers. — 2021. — Т. 13. — №. 4. — С. 562.

Применение 3D печати при создании экспериментальных моделей воздушных винтов

Кальбах М.А.

Научный руководитель — к.т.н. Батраков А.С.

КНИТУ-КАИ, Казань

Аддитивные технологии, или 3D-печать, стали одним из самых обсуждаемых и перспективных направлений в современной промышленности. Этот инновационный метод производства позволяет создавать уникальные и сложные объекты, применяя принцип послойного наращивания материала слой за слоем на основе цифровой модели.

В традиционном производстве мы начинаем с заготовки, которую обрабатываем или деформируем, чтобы получить нужную форму, однако аддитивные технологии позволяют создавать новые изделия из аморфного расходного материала. В зависимости от метода, объект может быть построен снизу вверх или сверху вниз, приобретая различные характеристики. Общая схема аддитивного производства выглядит следующим образом: сначала создаётся CAD модель, затем она экспортируется в STL файл, далее производится нарезка модели в программах для нарезки, после этого производится печать самой модели с её последующей механической обработкой [1].

Изначально аддитивные системы работали в основном с полимерными материалами, но на данный момент 3D-принтеры, представляющие аддитивное производство, могут использовать не только полимеры, но и инженерные пластики, композитные порошки, различные металлы, керамику и песок. Аддитивные технологии широко применяются в различных отраслях, таких как машиностроение, промышленность, наука, образование, дизайн, медицина, литейное производство и другие.

Широкое применение 3D печати обусловлено характерными для данного метода преимуществами. Одним из ключевых факторов, делающих 3D печать настолько популярной, является способность создавать сложные и уникальные детали, которые традиционные методы производства не могут воспроизвести.

Другим важным преимуществом 3D печати является экономичность, высокая гибкость и скорость производства. Благодаря возможности создания индивидуальных деталей на заказ, процесс производства становится более адаптивным к потребностям клиентов. Кроме того, 3D печать позволяет быстро и легко изменять дизайн или параметры изделия без необходимости изменения производственного процесса [2].

Благодаря своим преимуществам 3D печать активно применяется в процессах макетирования и прототипирования. Особую актуальность аддитивные технологии приобрели при создании объектов малых габаритов. Подобные объекты, в частности, встречаются при создании экспериментальных моделей для исследований в аэродинамических трубах. Благодаря возможности быстрой настройки производства и экономии материалов, аддитивные технологии позволяют сократить время и затраты на изготовление продувочных моделей, что делает процесс более эффективным и конкурентоспособным.

Частным примером эффективного применения 3D печати является создание моделей воздушных винтов. Аддитивные технологии позволяют быстро и эффективно создавать сложные профили винтов, которые традиционные методы производства неспособны воспроизвести с учетом малых габаритов объекта.

При создании беспилотных летательных аппаратов или продувочных моделей летательных аппаратов в качестве воздушного винта зачастую используют покупные пластиковые модели. Сегодня на рынке существует большое разнообразие моделей готовых воздушных винтов, что может быть рассмотрено как готовое решение в ряде случаев. Однако, в некоторых задачах применение покупного воздушного винта не приемлемо ввиду того, что профилировка винта может не соответствовать поставленной задаче. Используя аддитивные технологии можно создавать винты с уникальными формами лопастей, углами наклона, шагами и другими параметрами, которые максимально соответствуют требованиям конкретного проекта или задачи [3].

Так при разработке модели винтокольцевого движителя, в качестве воздушного винта на первом этапе был применен покупной двухлопастной винт с 16х8 (диаметр 406 мм, шаг 203 мм). Проведенные испытания показали возможность повышения тяги движителя за счет применения профилированного кольцевого обтекателя. Однако характеристики винта не позволили в полной мере оценить аэродинамическую эффективность кольцевого обтекателя. Поэтому было принято решение изготовить модель воздушного винта методом 3D печати, обеспечив крутку и профилировку лопасти специально разработанные для винтокольцевого движителя [4].

Таким образом, 3D-печать при создании экспериментальных моделей, и, в частности, воздушных винтов, в настоящее время является хорошим альтернативным, а порой и единственным приемлемым, методом производства. Возможности 3D печати открывают новые горизонты для научных исследований в области экспериментальной аэродинамики.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-79-01110, <https://rscf.ru/project/23-79-01110/>

Список используемых источников:

1. Ляпков А. А. Полимерные аддитивные технологии: учебное пособие [Текст] / А.А. Ляпков; Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. — 114 с.
2. Князев, С. А., Пыжов, С. И. Анализ технико-экономической целесообразности внедрения аддитивных технологий в вертолетостроении [Текст] / С. А. Князев, С. И. Пыжов // Молодой учёный. — 2019. — № 49. — С. 175–184.
3. Chavez-Tolentino, C., Li, X., Siller, H.R. Aerodynamic behavior and acoustic signature of propellers fabricated by additive manufacturing / Chavez-Tolentino, C., Li, X., Siller, H.R. [Электронный ресурс] // Springer link : [сайт]. — URL: Aerodynamic behavior and acoustic signature of propellers fabricated by additive manufacturing (дата обращения: 10.02.2024).
4. Остроухов, С. П. Аэродинамика воздушных винтов и винтокольцевых движителей [Текст] / С. П. Остроухов — Москва: Физматлит, 2014 — 328 с.

Роль титановых порошков в аддитивном производстве

Кожурова Е.А.

УрФУ, Екатеринбург

Аддитивное производство, или промышленное 3D-печатаение, стало одной из ключевых технологий будущего. Оно позволяет создавать сложные детали и конструкции с использованием различных материалов. Одним из основных материалов, используемых в аддитивном производстве, являются титановые порошки. Их уникальные свойства делают их незаменимыми для создания легких, прочных и высокоточных изделий.

Титановые порошки обладают высокой прочностью, коррозионной стойкостью и отличными механическими свойствами, что делает их идеальным материалом для аддитивного производства. Благодаря возможности создания сложных форм и структур, титановые порошки позволяют проектировать детали с минимальным количеством отходов и

максимальной эффективности использования материала. Детали, изготовленные из этого материала, обладают повышенной прочностью и устойчивостью к воздействию различных негативных факторов. Важно отметить, что титановые порошки обладают высокой химической чистотой и однородностью структуры, что является ключевым фактором при использовании их в производстве.

Одними из основных областей применения титановых порошков является авиационная и космическая промышленность. Там требуются легкие, но прочные детали, которые можно получить благодаря специфическим свойствам титана. Например, для создания сложных конструкций двигателей или элементов космических аппаратов используются методы наплавки или лазерного спекания на основе титановых порошков.

Ещё одной перспективной областью применения, является автомобильная промышленность. Здесь требуются компоненты с высокой прочностью и легкостью для повышения эффективности автомобилей. Такие детали как двигательные блоки, подвески или детали кузова могут быть изготовлены с использованием методик 3D-печати на основе титановых порошков.

Ключевой характеристикой всех этих областей является необходимость точности и высокого качества продукции, что делает выбор материала — в данном случае металлических порошков на основе титана — ещё более значимым. Важно отметить, что разработка новых методик производства и оптимизация уже существующих должны быть постоянными задачами для получения продукции высокого уровня.

Основными направлениями развития технологии титановых порошков является улучшение качества материала, расширение его возможностей при обработке, а также снижение стоимости производства. Исследования в области создания новых методик получения тонких порошков позволяют повысить чистоту материала и минимизировать дефекты при формировании изделий. Это способствует повышению эффективности процесса добавочного производства.

Снижение стоимости производства также остается одной из главных задач при работе над перспективами развития технологии титановых порошков в аддитивном производстве. Оптимизация всех этапов процесса — от получения до последующей обработки изготавливаемого компонента — является необходимым условием для широкого распространения данного типа продукции.

Кроме того, использование титановых порошков позволяет значительно уменьшить отходы материала по сравнению с традиционными методами обработки металла. Это делает данный вид продукции более экологически чистым и более эффективным с точки зрения ресурсосбережения.

При написании работы проведены исследования химического состава, фракционного состава, порошка титана и детали изготовленной из этого порошка с помощью аддитивных технологий. По полученным результатам, проведен сравнительный анализ титановых порошков разных производителей. По итогу, можно было понять, чем плох и хорош каждый из порошков и из какого из них получатся детали с лучшими показателями.

В заключение можно отметить, что актуальность титановых порошков на аддитивном производстве определяется не только широким спектром применений данного материала, но также его особыми свойствами в контексте новаторских подходов к производству металлических деталей.

Метод выравнивания производственного времени в зонах схождения и расхождения поточных линий

Корж С.Е., Нейперт Т.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Ковалевич М.В.

МАИ, Москва

В работе рассматривается метод выравнивания времени из-за различных расстояний между рабочими местами на поточной пульсирующей производственной линии. Метод был разработан в процессе разработки и анализа имитационной модели рассматриваемого производства.

Поточное производство является современным видом организации производства серийных изделий. Он отличается высокой эффективностью благодаря рациональному распределению технологических операций по рабочим местам, которые образуют линию поточного производства. Как правило движение материалопотока на таких линиях осуществляется на конвейерных линиях или с помощью специализированных машин, перемещающих изделия с одного рабочего места на следующее [1].

Имитационное моделирование является высокотехнологичным инструментом по организации производства. Разработка имитационной модели (цифрового двойника) заключается в воссоздании запланированного или существующего производства в виртуальной среде с достаточной достоверностью параметров и характеристик объектов данного производства. Это позволяет проводить комплексы экспериментальных исследований без влияния на реальные объекты с достаточной точностью, чтобы предсказывать результат внедрения тех или иных изменений в производственный процесс [2].

Одной из задач проекта по разработке имитационной модели производства было определение фактического фонда времени работ на рабочих местах предприятия. Исходными данными проекта были планируемая программа выпуска изделий с чертежами планировки предприятия. Основная цепь рабочих мест работает по принципу поточной пульсирующей линии, такт которой определяется по программе выпуска изделий.

В процессе решения поставленной задачи были выявлены существенные потери времени на перемещения изделий между рабочими местами, в особенности в зонах схождения и расхождения производственных линий на параллельные. Но главная проблема заключалась в том, что из-за разных расстояний между рабочими местами данные потери приводили к сильным различиям фактического времени работ между параллельными рабочими местами (с одинаковыми работами), вплоть до 30%.

Такая работа поточных линий приводит или к незавершённости работ на данных рабочих местах, или к простоям оборудования/рабочего персонала. Соответственно, необходимо было разработать метод по минимизации или полной ликвидации влияния расстояний между рабочими местами в зонах схождения/расхождения производственных линий.

Разработанная имитационная модель работает по принципу принудительного вызывающего сигнала — каждый такт времени программный код принудительно выводит изделие с последнего рабочего места поточной линии и затем данный сигнал передаётся далее на предшествующее рабочее место. Введение искусственных задержек сигнала или дополнительных условий не дало желаемого результата. Однако, в соответствии с планировкой предприятия, в рассматриваемых зонах имелось достаточно пространства для стоянки палет с изделиями.

Результатом изысканий стал метод организации буферных рабочих мест на производственных линиях в местах схождения и расхождения параллельных линий. Данные рабочие места условно делят единый производственный поток на независимые сегменты, которые получают сигнал на начало движения независимо друг от друга. Тестирование имитационной модели показало, что данное решение концентрирует потери времени в буфере и, главное, ликвидирует разброс фактического времени работ на параллельных рабочих местах.

Однако разработанный метод применим не на любом производстве. Главной проблемой метода является необходимость в наличии достаточного места для отстоя палеты с изделием (буферного рабочего места). Вторая проблема заключается в увеличении необходимого количества палет (или иных транспортных средств для передачи изделий по линии). Третья выявленная проблема — увеличение цикла производства изделий из-за их простоя в буферных рабочих местах.

Список используемых источников:

1. Игнатьев В.М., Калашникова Е.А. Методы организации производства // Экономика и социум, 2015. С. 439–447.
2. Яковлева М.С. Имитационное моделирование: подходы, этапы, существующие программные средства // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. Красноярск. 2016. Т. 2. С. 129–131.

Снижение пористости в деталях из AlSi10Mg, изготовленных по технологии селективного лазерного спекания

Коробов К.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Рипецкий А.В.

МАИ, Москва

Авторы исследовали открытую пористость образцов, изготовленных из AlSi10Mg на установке селективного лазерного спекания M350 от «Лазерных систем», используя гидростатический метод измерения. Было изготовлено шестьдесят четыре образца с различным энерговкладом, характеризующимся различной мощностью (P) и скоростью лазерного сканирования (V). Потребляемая энергия была рассчитана как $E = P / (V \cdot h)$, где h представляет высоту слоя. Гидростатическое взвешивание определяло открытую пористость образцов. Построена матрица открытой пористости в координатах P, V с заливкой отвечающей значениям пористости, где красный — максимальная пористость (~3%) и зелёный (0÷0.5%). Используя паспорт алюминиевого порошка PC-300 от РУСАЛА, была выбрана "эталонная" плотность материала ($\rho_{\text{эт}} = 2,658 \text{ г/см}^3$). Затем была построена матрица, каждая ячейка которой содержала значение $1 - \rho_{\text{обр}}/\rho_{\text{эт}}$. Некоторые образцы, значительно отклоняющиеся от общих значений (отклонение составило 9,98%; $\rho_{\text{эт}41} = 2,412 \text{ г/см}^3$), были отражены на карте распределения и гистограмме. Основными причинами пористости в технологии LPBF были определены: неполная упаковка частиц, образование пористости из-за посторонних включений и окисления образцов, улавливание защитного газа, образующего газовые поры в образцах и недостаточный энерговклад.

Сравнение с аналогичными исследованиями показывает, что большинство полученных данных являются надежными и укладывается в ранее полученные интервалы пористости на других установках. Образцы сильно отходящие от основного распределения будут повторно измерены.

В будущем будут выращены образцы большего размера для проверки достоверности данных и оценки влияния размера образца на открытую пористость. Авторы ожидают незначительных изменений пористости при изменении размера.

Список используемых источников:

1. Jing C. et al. Microstructure, porosity and mechanical properties of selective laser melted AlSi10Mg //Chinese Journal of Aeronautics. — 2020. — Т. 33. — №. 7. — С. 2043-2054
2. Weingarten C. et al. Formation and reduction of hydrogen porosity during selective laser melting of AlSi10Mg //Journal of Materials Processing Technology. — 2015. — Т. 221. — С. 112–120.
3. Yu W. et al. Influence of re-melting on surface roughness and porosity of AlSi10Mg parts fabricated by selective laser melting //Journal of Alloys and Compounds. — 2019. — Т. 792. — С. 574–581.

Исследование структуры и свойств образцов, изготовленных из жаропрочного никелевого сплава методом прямого лазерного выращивания

Кудряшова М.О.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Носова Е.А.

Самарский университет, Самара

Технология прямого лазерного выращивания (ПЛВ) является одним из передовых методов аддитивных технологий и вызывает большой интерес благодаря возможности успешного её применения в области ремонта и восстановления изношенных или поврежденных изделий. Кроме того, за последние годы наблюдается повышенный научный и производственный интерес к применению метода ПЛВ при изготовлении деталей ответственного назначения в авиационной и ракетно-космической отраслях [1-2].

Одним из важных аспектов научных исследований по данной тематике является применение авиационных сплавов (титановых, алюминиевых, жаропрочных) в качестве материала для изготовления деталей методом ПЛВ, уже зарекомендовавших себя при производстве изделий традиционными способами. Актуальными являются проблемы,

связанные с подбором параметров процесса прямого лазерного выращивания при использовании жаропрочных сплавов на никелевой основе, обусловленные специфическими свойствами самого сплава.

Целью данной работы является исследование влияния параметров процесса ПЛВ на структуру и свойства жаропрочного никелевого сплава ЭП648. В процессе работы осуществлялась оценка пористости, дефектов структуры (трещин, несплавлений), проводилось измерение микротвердости.

Исследования проводились на образцах прямоугольной формы размером 50 x 10 мм, изготовленных с помощью установки для ПЛВ ИЛИСТ-Л (пр-во ИЛИСТ, Россия) из сплава ЭП 648. При изготовлении образцов варьировался диаметр пятна в интервале 2,00–3,00 мм. С целью проведения микроструктурных исследований из образцов были изготовлены микрошлифы. Оценка структуры металла образцов осуществлялась с помощью растрового электронного микроскопа VEGA3 SBH (пр-во TESCAN, Чехия). Измерение микротвердости проводилось с помощью микротвердомера PMT-3М (пр-во ЛОМО, Россия).

По результатам микроструктурных исследований установлено, что в структуре образцов, выращенных при установленном диаметре пятна 3,00 мм, наблюдаются крупные поры и несплавления. В структуре образцов, выращенных при диаметре пятна 2,00–2,50 мм, наблюдаются единичные поры малого размера, несплавления не наблюдаются. Микротвердость образцов однородна по сечению и изменяется в интервале 262–270 HV_{0,2}.

Таким образом, на основании результатов проведенных исследований можно сделать вывод о том, что наиболее оптимальным для изготовления образцов из сплава ЭП648 в данных условиях является диаметр пятна, находящийся в диапазоне 2,00–2,50 мм.

Список используемых источников:

1. Dutta B., Palaniswamy S., Choi J., Song L.J., Mazumder J. Additive Manufacturing by Direct Metal Deposition // AM&P Technical Articles. 2011. Vol. 169. P. 33–36.
2. Raghupatruni P., Kumar S.A. Review of Microstructure and Mechanical properties of materials manufactured by direct energy deposition // Advances in Metal Additive Manufacturing. 2023. P. 161–178.

Улучшение механических свойств полимерных моделей, распечатанных на 3D-принтере методом послойного наплавления материала

Кузьмин А.Ю.

Научный руководитель — к.т.н. Курицын Д.Н.

МАИ, Москва

На сегодняшний день технология 3D-печати является широко-применимой, 3D-принтеры становятся все более массовым и доступным продуктом и все чаще можно обнаружить данную технологию на инструментальных и производственных участках авиационных производств.

3D-печать методом послойного наплавления (FDM от англ. fused deposition modeling) является самым доступным и быстрым способом печати, который позволяет использовать широкую номенклатуру термореактивных материалов с разнообразными физическими и механическими свойствами.

Основная проблема данной технологии заключается в том, что у печатаемых деталей наблюдается ярко выраженная анизотропность механических свойств, то есть различные механические свойства во взаимно-перпендикулярных направлениях [1]. Предел прочности детали в направлении, перпендикулярном плоскости наплавления материала, может быть в 5–10 раз меньше, чем предел прочности при нагружении детали вдоль слоя. Моделирование модели с учетом данной особенности может повлечь за собой увеличение габаритных размеров детали и перерасход материала.

Для решения данной проблемы предлагается к рассмотрению два метода по улучшению физических свойств деталей в направлении, перпендикулярном плоскости печати.

Первый метод основывается на растворении поверхностного слоя при помощи дихлорметана (DCM, метиленхлорид или метиленбихлорид) 2Cl₂HCl. Данный растворитель способен растворить такие основные материалы, как ABS, PLA и PETg. Нанесение данного

состава на поверхность распечатанной модели позволяет улучшить внешний вид изделия, снизить шероховатость поверхности и существенно повысить прочность, что подтверждается испытаниями на разрывной машине. Эксперимент [2] показал, что образцы из PETg, обработанные дихлорметаном, имеют на 20–30 % больший предел прочности, чем необработанные. При нагружении обработанных образцов, в отличие от необработанных, наблюдается выраженная область пластической деформации, что свидетельствует о сплавлении слоёв у поверхности.

Преимуществами метода являются скорость и возможность упрочнения полых деталей. Недостатки метода — токсичность дихлорметана и невозможность упрочнения некоторых химстойких материалов, таких как нейлон и лавсан.

Второй метод заключается в термической обработке детали, предварительно утрамбованной в порошке оксида магния MgO. Контейнер с деталями помещается в печь, разогретой до температуры, близкой к температуре плавления пластика, после чего выдерживается в течение 1–2 часов. Образцы, подверженные такой термической обработке показали уменьшение анизотропии механических свойств, предел прочности образцов приблизился к пределу прочности материала. Преимуществом данного метода является полное сплавление слоёв и улучшение механических свойств всего объема детали. Недостатком метода является его неприменимость для пустотелых деталей.

Предложенные методы уменьшения анизотропии механических свойств деталей, распечатанных из термореактивных пластиков методом FDM, могут способствовать расширению области применения 3D-печатных пластиковых конструкций при изготовлении авиационной техники и снижению затрат на производство средств технологического оснащения.

Список используемых источников:

1.Рэдвуд Б., Шофер Ф., Гаррет Б. 3D-печать. Практическое руководство / пер. с англ. М. А. Райстмана. — М.: ДМК Пресс, 2020. — 220 с.: ил. ISBN 978-5-97060-738-1.

2.ГОСТ 11262-2017 (ISO 527-2:2012). Пластмассы. Метод испытания на растяжение = Plastics. Tensile test method : Межгосударственный стандарт : Дата введения 2018-10-01., официальное издание М.: Стандартинформ. — Москва, 2018.

Интеллектуализация технологии химического аффинажа золота

Куликовский М.А.

Научный руководитель — Рогов С.И.

НИТУ МИСИС, Москва

Чистота благородных металлов играет решающую роль в их применении в различных отраслях промышленности. Например, в электронике требуется высокая чистота металлов для изготовления проводников и контактов, чтобы обеспечить надежное соединение и минимизировать потери сигнала. В авиации и космической промышленности чистота металлов также важна, поскольку даже малейшие примеси могут привести к серьезным последствиям. Например, от чистоты золота зависят его свойства: электропроводимость, устойчивость к коррозии и высокая пластичность, необходимые при использовании металла в электрических контактах, разъемах и покрытиях. Ведь именно они определяют надежность и долговечность самолетов. Современные технологии и методы анализа позволяют достигать высокой степени чистоты металлов, что открывает новые возможности для их использования в различных отраслях промышленности и науки [1].

Удаление нежелательных примесей из благородных металлов является основной задачей аффинажного процесса. В настоящее время в промышленных масштабах широко распространены хлорный, химический и электролитический способы.

Использование современных химических методов аффинажа золота может ускорить технологический цикл очистки металла от примесей по сравнению с электролитическими способами. Химический метод основан на растворении благородного металла в составе золотосодержащего продукта царскородочным выщелачиванием (кислотная технология с использованием смеси кислот) или гидрохлорированием (хлорная технология с

использованием хлора). Из раствора чистое золото получают жидкостной экстракцией или осаждением. Этот процесс более быстрый и эффективный, чем электролитические методы, которые требуют времени на электролиз и обработку. Однако следует понимать, что данный метод имеет свои особенности и требует строгого контроля процесса, обеспечения безопасности работников и окружающей среды [2].

Данный факт подчеркивает актуальность исследовательской работы, целью которой является проведение анализа существующего метода химического аффинажа на предприятии АО «Московский завод по обработке специальных сплавов» для выявления проблемных участков и разработке рекомендаций по дальнейшей оптимизации технологии.

В качестве метода анализа выбрано имитационное моделирование. Данный подход является эффективным инструментом для анализа и улучшения работы процесса. В рамках анализа создается модель, отражающая основные показатели технологии, что дает основу для проведения экспериментов над объектом исследования и прогнозирования результата без вмешательства в реальный процесс [3].

В работе рассмотрены следующие задачи:

- Разработка и запуск имитационной модели исследуемого процесса;
- Поиск корневых причин выявленных отклонений;
- Анализ вариантов оптимизации обнаруженных недостатков.

Результатом работы является проектирование интеллектуальной системы по определению оптимальных режимов работы технологического процесса.

Список используемых источников:

1. Карпухин А.И., «Кислотно-солевой аффинаж золота и серебра» / — И.: Иргиредмет, 2003, 190 с.
2. Управление производством [Электронный ресурс] // Оптимизация производства цветных металлов: [сайт], [2016]. URL: <https://up-pro.ru> (дата обращения: 10.02.2024).
3. Pandia [Электронный ресурс] // Имитационное моделирование технологического процесса: [сайт], [2006]. URL: <https://pandia.ru> (дата обращения: 12.02.2024).

Выбор состава и технологии получения ВЭС для теплонагруженных элементов аэрокосмической отрасли

Рогов Е.М.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Колмаков А.Г.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

Для решения современных задач авиакосмической промышленности существует потребность в создании новых материалов, работающих в экстремальных условиях. Применение для этих целей традиционных жаропрочных материалов затруднено высокой стоимостью, большим удельным весом, сильной окисляемостью или недостаточно высоким значением рабочей температуры. Перспективными материалами для теплонагруженных элементов космических аппаратов могут являться жаропрочные высокотемпературные сплавы (ВЭС) на основе тугоплавких элементов. Структурные особенности жаропрочных ВЭС позволяют реализовывать в них хорошие физико-механические свойства как при высоких температурах, так и при криогенных [1].

В большинстве работ синтез ВЭС осуществляется методами классической металлургии с многократным переплавом шихтовых материалов для получения однородного химического состава. Но данные методы имеют ряд ограничений, связанных с значительной трудностью формирования сплавов с различными температурами плавления элементов. Для получения изделий высокого качества с однородной и мелкозернистой микроструктурой из ВЭС в промышленном масштабе наиболее технологичными являются аддитивные технологии (АТ) выращивания.

Выбор наиболее оптимального состава ВЭС, предположительно обладающего пределом текучести не менее 300 МПа при температуре до 1200 °С и однофазной структурой в широком диапазоне температур, основывался на моделировании методом CALPHAD с использованием ряда термодинамических, структурных и физических критериев. Также с учетом технологии

изготовления порошков ВЭС при расчете фазовых диаграмм учитывалось влияние примесей железа на возможное изменение фазового состава сплава.

Для достижения равномерного распределения и высокой плотности упаковки в процессе производства необходимо, чтобы порошковый материал обладал заданным гранулометрическим составом и подходящими характеристиками текучести [2]. Сферические порошки обладают необходимой текучестью и насыпной плотностью. Именно поэтому для АТ очень востребованы мелкие сферические частицы ВЭС.

Процесс изготовления порошков ВЭС заданного состава включал в себя:

- 1) Механическое легирование (МЛ) в планетарной мельнице
- 2) Плазменную сфероидизацию (ПС) порошков
- 3) Рафинирование порошка от мелких частиц в ультразвуковой ванне

Оптимальные режимы МЛ и ПС определялись морфологией, микроструктурой и распределением компонентов в получаемых образцах порошков.

Образцы для испытаний изготавливались методом искрового плазменного спекания.

Выбранный состав сплава и технология его получения потенциально могут быть использованы в качестве высоконагруженных элементов авиакосмической отрасли.

Список используемых источников:

1. Li Z. et al. Metastable high-entropy dual-phase alloys overcome the strength-ductility trade-off // Nature. Nature Publishing Group, 2016. Vol. 534, № 7606. P. 227–230.
2. Jin G. et al. High temperature wear performance of laser-cladded FeNiCoAlCu high-entropy alloy coating // Appl. Surf. Sci. 2018. Vol. 445. P. 113–122.

Анализ внутренних напряжений изделия, изготовленного методом 3D-печати

Савинов Д.В., Пузыречский Е.А.

Научный руководитель — к.т.н. Шабалин Л.П.

КНИТУ-КАИ, Казань

3D-печать, или аддитивные технологии, применяются для изготовления различных деталей со сложной геометрией и большой вариативностью форм конструкций при минимизации технологических отходов из металлических, полимерных и композитных материалов [1]. Данный процесс включает в себя послойное нанесение материала [2], а не его удаление, как при традиционных методах получения сложной геометрии изделия.

Для проведения исследований был спроектирован опытный образец, имеющий замкнутую форму с зонами перегиба и продолжительным линейным участком. Была изготовлена серия из трех опытных образцов методом 3D-печати из стекла наполненного полипропиленом ПП30СВ. Далее, на линейном участке образцов производились поперечные разрезы по высоте детали. Толщина пила задавалась равной 10 мм. После чего, разнесённые стенки щели сближались под действием внутренних напряжений. Затем в щель помещался вкладыш, а детали ставились в печь при температуре 1100С и 1600С на 2 часа. Находясь в печи, материал размягчался и внутренние напряжения релаксировали, преобразовываясь в вязкоупругие деформации. По истечению времени, деталь охлаждали до комнатной температуры со скоростью 0,5 °С/мин и удаляли вкладыш из щели. В итоге, величина на которую сблизились стенки щели уменьшилась, по сравнению с первоначальной величиной, на 15% у детали, стоявшей в печи при 1100С и на 31% у детали, стоявшей в печи при 1600С. Уменьшение перемещений стенок щели свидетельствует о том, что внутренние напряжения, в результате термической обработки, также уменьшились.

Для определения величины внутренних напряжений и характера их распределения разрабатывается цифровой двойник опытного образца на этапе изготовления и термической обработки. Построение цифровых двойников и моделирование технологических процессов — важный этап конструирования изделий [3, 4]. В данной расчетной модели реализован мультидисциплинарный расчет, с применением модуля термодинамики и статического анализа. Реализовано поочерёдное нанесение слоев материала при печати, а также дальнейшее моделирование её механической обработки с последующим анализом остаточных напряжений с учётом релаксации при термической постобработке.

При сопоставлении величины сближения стенок щели, полученных в расчете и в натурном эксперименте расхождения составляют менее 10%, что говорит о хорошей сходимости расчетной модели с практикой.

Список используемых источников:

1. Lu, J. Numerical simulation on void formation and migration using Stokes-Brinkman coupling with effective dual-scale fibrous porous media / J. Lu, S.B. Lee, T.S. Lundstrom, W.R. Hwang // Composites Part A Applied Science and Manufacturing. — Vol. 152 (12). — Jan. 2022.

2. Daminabo, S.C.; Goel, S.; Grammatikos, S.A.; Nezhad, H.Y.; Thakur, V.K. Fused deposition modeling-based additive manufacturing (3D printing): Techniques for polymer material systems. Mater. Today Chem. 2020, 16, 100248.

3. Шабалин Л.П., Савинов Д.В., Пузырецкий Е.А., Марескин И.В. Разработка методики расчёта напряжённо-деформированного состояния, оптимизации и экспериментального исследования гибридной конструкции композит-металлической лопасти тягового винта. Известия высших учебных заведений. Авиационная техника №2, 2022. С. 35–42.

4. Шабалин Л.П., Батраков В.В., Халиулин В.И., Пузырецкий Е.А. Расчет процессов 3D печати композитной оснастки и трансферного формования сетчатых конструкций. Механика деформируемого твердого тела в проектировании конструкций. Программа и тезисы докладов /ПФИЦ УрО РАН. Пермь, 2022.

Электрохимическая обработка поверхностей изделий, полученных селективным электронно-лучевым плавлением

Слюсарь И.А., Смеян С.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Саушкин Б.П.

Московский Политех, Москва

Основным недостатком аддитивных методов производства, таких как селективное электронно-лучевое плавление (СЭЛП) и селективное лазерное плавление (СЛП), является высокая шероховатость поверхности изделий и относительно невысокая точность построения [1]. Это приводит к снижению сопротивления многоциклового усталости изделий АП на 10-15%. Для устранения этого недостатка СЭЛП проводят дополнительную отделочную обработку, используя различные методы и технологии [2]. В связи с этим задача поиска наилучшей по заданному критерию технологии дополнительной обработки является актуальной.

В работе приведены результаты экспериментального исследования динамики выравнивания шероховатости поверхности изделий, полученных методом селективного электронно-лучевого плавления, при применении технологии высокоскоростного электрохимического растворения в хлоридных водных растворах. Технологическая задача сформулирована, как достижения наибольшей степени выравнивания при минимально возможном припуске.

Показано, что за 10 с электрохимической обработки исходная шероховатость поверхности снижается на 66%, за 40 с — на 80% (с Ra 35 мкм до Ra 7 мкм) при следующих параметрах режима: давление прокачки электролита, $p = 0,5$ МПа, сила тока, $I = 21$ А, начальный зазор $a = 0,3$ мм, концентрация электролита 120 г/л NaCl. Средняя величина снятого припуска при этом составила 60 и 210 мкм соответственно.

Полученный результат обсуждается с использованием модели вторичного распределения тока с учетом поляризации анода. Гальвано-динамические кривые растворения титана и его сплавов после нарушения пассивного состояния характеризуются обратным наклоном, то есть, $di(df < 0)$. Высокие значения потенциалов активации, возрастающие в ряду анионов $Cl^- < ClO_4^- < NO_3^-$, обусловлены присутствием на поверхности фазовых оксидных пленок, а обратный наклон поляризационной кривой — процессами роста и разрушения этих пленок, определяющими их толщину и диэлектрические свойства [3].

Во впадинах плотность тока меньше, чем на выступах, так как они расположены на большем расстоянии от катода, выше потенциалы поляризации, и разрушение поверхностных пленок протекает медленнее. Это приводит к перераспределению тока и более интенсивному

растворению вершин микронеровностей, что является одной из основных причин быстрого их выравнивания в хлоридных растворах.

Исследовано влияние параметров режима на динамику выравнивания и величину съема в диапазоне параметров: входное давление — 0,2–0,5 МПа, сила тока — 21–44 А, величина рабочего зазора — 0,2–0,5 мм, концентрация соли в электролите — 60, 120, 190 г/л. Установлено сильное влияние концентрации соли на конечную шероховатость поверхности, что, по-видимому, связано с изменением удельной электропроводности электролита. Влияние прочих параметров оказалось менее значимым.

Проведено сравнение методов аппроксимации экспериментальных данных с использованием различных математических функций и установлена высокая адекватность логарифмической аппроксимации.

Полученные результаты позволяют рекомендовать технологию электрохимической обработки для окончательной доводки конструктивных элементов заготовок АП.

Выводы.

1. Установлено, что параметры Ra и Rz быстро снижаются в первые 5–10 с обработки, а затем выравнивание замедляется. Через 40 с обработки на предложенном режиме достигается степень выравнивания микрогеометрии 80% при съеме припуска примерно равного параметру Rz исходной заготовки.

2. Выдвинута и обоснована гипотеза, согласно которой соотношение локальных скоростей растворения вершины выступа и доньшка впадины определяется не только первичным распределением тока, но и динамикой анодной оксидной пленки, присутствующей на поверхности микрорельефа.

3. Показано, что в гальваностатическом режиме выравнивания микрогеометрии экспериментальная зависимость среднего снимаемого припуска от времени обработки близка к линейной и практически не отличается от расчетной.

4. Подтвержден тот факт, что высокочастотная составляющая микрорельефа, формируемая сферическими частицами порошка в результате спекания или сплавления с осевой, выравнивается в течение 10 с.

Список используемых источников:

1. J. Lee, A. Nagalingam, S. Yeo A review on the state-of-the-art of surface finishing processes and related ISO/ASTM standards for metal additive manufactured components. Virtual & Physical Prototyping 16(20) 2020 DOI:10.1080/17452759.2020.1830346

2. Kumbhar, N.N.; Mulay, A.V. Post Processing Methods used to Improve Surface Finish of Products which are Manufactured by Additive Manufacturing Technologies: A Review. J. Inst. Eng. 2018, 99, 481–487.

3. Ломаев В.И., Моргунов Ю.А., Саушкин Б.П. Электрохимическая обработка изделий авиационно-космической техники — М.: Форум. 2013. — 480 с.

Внедрение аддитивных технологий на Ярославском ЭРЗ

Тележкина К.И., Щелокова А.О.

Научный руководитель — Елисейкин Е.И.

ЯГТУ, Ярославль

3D-печать пластиками успешно используется в ремонтных и машиностроительных производствах России и зарубежом в оперативном изготовлении прототипов, модельной оснастки и готовых изделий — в том числе, запчастей для ж.д. транспорта с различной геометрией и толщиной поверхностей — от облицовочных панелей до корпусов приборов. Доступной технологией, применяемой для 3D-печати запчастей локомотивов в сервисных локомотивных депо (СЛД) и на Заводах, является послойное наплавление термопластиков FDM/FFF, представленное принтерами различных конструкций, в том числе, профильной — «open-build». Одновременно с печатью фотополимерами, и относительно литья в пресс-формы, преимущество FDM/FFF — построение каркаса внутри изделия без потери его прочности, что уменьшает массу, расход материала и стоимость изготовления. На 2024 год в СЛД ООО «ЛокоТех-Сервис» в печати запчастей локомотивов задействованы FDM/FFF-

принтеры: СЛД Печора — Prusa i3, СЛД Агрыз-Южный — Wanhao Duplicator i3, СЛД Волхов — Ultimaker 3 Plus; на заводах-филиалах АО «ЖДРМ»: Ярославском ЭРЗ — Creality Ender 5 Plus и Mini 3D, Оренбургском ЛРЗ — Anycubic Koessel [1]. Материалами, как правило, являются бюджетные термопластики полиэтилен (PET) и полилактид (PLA).

В СЛД западных ж.д. операторов — Siemens Mobility AG, Alstom, Bombardier и DB, напротив, задействованы промышленные FDM/ FFF-установки для печати запчастей вагонов электропоездов из тугоплавких пластиков PEEK, PEKK, PPSU, Ultem 1010/ 9085 (фурнитура салона, воздуходувы, диффузоры, обтекатели), TPU (гибкие уплотнители и муфты). Также востребован стекло- и угленасыщенный полиамид Nylon. Эти материалы соответствуют европейскому стандарту пожарной безопасности №EN45545-2 [2], однако не аттестованы для применения на ж.д. транспорте России. Неофициально применяются в ремонте локомотивов и пластики PET/ PETG/ PLA.

В сфере FDM/ FFF-печати России распространенным аналогом Ultem и PEEK является полифениленсульфид (PPS). Применение PPS на ж.д. транспорте перспективно, ввиду его меньшей стоимости относительно Ultem/ PEEK и соответствия требованиям ГОСТ Р 55183-2012 «Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Требования пожарной безопасности», ГОСТ 34681-2020 «Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Общие технические требования» и НПБ 109-96 «Вагоны метрополитена. Требования пожарной безопасности». В 2021 году компанией — центром аддитивных технологий ООО «Рэйл Альянс» был получен сертификат соответствия №НСОПБ.RU.ЭО.ПР.041.Н.00186 по результатам испытаний на горючесть PPS по ТУ 20.16.59-001-01531596-2018 в АО НО «Тверской институт вагоностроения».

С учетом данной информации, на базе лаборатории 3D-печати Ярославского ЭРЗ в 1 квартале 2024 года успешно выполнено изготовление из PPS опытной съемной панели черт. СТРП.735225.001 пульта кабины машиниста электровагона серии ЭП1М. Общее время печати на «open-build» принтере Creality Ender 5 Plus с соплом 0,8 мм составило 28 часов, расход пластика — 0,923 кг., расслоения и деформации стенок отсутствуют. В настоящий момент выполняется подконтрольная эксплуатация панели на электровазоне серии ЭП1М, прошедшем средний ремонт на Ярославском ЭРЗ, по результатам которой будет принято решение о целесообразности применения пластика PPS для печати запчастей в среднем и капитальном ремонте локомотивов на Заводах АО «ЖДРМ».

Список используемых источников:

1. Елисейкин Е.И., Изотов В.А., Рафиков Р.Х. Используя технологию 3D-печати / Е.И. Елисейкин и др. // Железнодорожный транспорт. 2022. №8. С. 51–55.
2. The right track: Angel Trains' James Brown on the standards 3D printing must reach before installation in the rail industry [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.tctmagazine.com/additive-manufacturing-3d-printing-industry-insights/angel-trains-james-brown-standards-3d-printing-rail/>.

Исследование механических свойств полимерных композитов с непрерывным углеволокном, полученных в аддитивной технологии наплавления материала

Торубаров И.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Плотноков А.Л.

ВолгГТУ, Волгоград

При конструировании и производстве большинства систем (в особенности любых транспортных средств) важными задачами являются достижение оптимального соотношения прочности конструкции к её массе, повышение коэффициента использования материала, уменьшение трудоёмкости изготовления и сборки элементов конструкции, в т. ч. за счёт уменьшения количества комплектующих. Параллельно с развитием подходов к конструированию эти задачи решаются разработкой новых материалов и способов производства, в том числе — полимерных композиционных материалов (ПКМ). Доля полимеров и ПКМ в машиностроении непрерывно возрастает с 1970-х годов по наше время, особенно в области автомобилестроения и авиастроения. Так, большие возможности по эффективному использованию ПКМ в широком ряде изделий предоставила аддитивная технология послойного наплавления материала (FFF, Fused Filament Fabrication). В настоящая

время эта технология (3D печать) находит применение и в мелкосерийном производстве, в то же время оставаясь удобным инструментом быстрого прототипирования или текущего ремонта.

В технологии FFF широко распространено использование дисперсно-упрочнённых полимерных композитов, однако большие перспективы для получения высокопрочных полимерных деталей имеет 3D печать с выборочной укладкой непрерывного армирующего волокна. Так, во многих исследованиях было показано, что предел прочности при растяжении образцов, армированных непрерывным углеволокном, может составлять 500–1000 МПа (в зависимости от материала, оборудования и настройки режима печати), при статическом изгибе — порядка 500 МПа, что позволяет использовать такие изделия как аналог изделий из некоторых металлов и сплавов. При этом традиционно используемые в FFF технологии ПКМ с короткими волокнами обеспечивают прочность не более 100–120 МПа при растяжении.

В то же время проблема прочности 3D-печатных изделий обуславливается не только малой прочностью самого полимерного материала, но и склонностью к послойному разрушению при определённых сочетаниях формы детали и схемы её нагружения. Нередко классический метод 3D печати с использованием 3 степеней свободы не позволяет рационально разместить объект в рабочем объёме, чтобы исключить действие рабочей нагрузки на его расслоение. В ряде случаев сгладить или даже устранить анизотропию печатного объекта позволяет многоосевая печать (в частности, 5-осевая или 5D печать). Применение пятикоординатной установки позволяет изготовить по технологии FFF многие изделия, которые невозможно рационально сориентировать на платформе принтера при обычной трёхосевой печати (из-за большого количества поддержек или повышенного риска расслоения детали под нагрузкой). Примеры таких изделий — крепёжные элементы со скрещивающимися осями и отверстиями в разных плоскостях, тела вращения трубчатой, дисковой и др. форм.

В рамках настоящей работы была разработана и реализована конструкция экструдера для непрерывного волокна, пригодного для использования в 3D принтере, работающем по технологии FFF с использованием 5 степеней свободы технологической системы (5D принтер). Для подготовки управляющих программ для трёх- и пятиосевой печати с укладкой непрерывного волокна было реализовано соответствующее программное обеспечение (слайсер). С помощью разработанного устройства и ПО подготовлены и испытаны по стандартным методикам несколько групп образцов, изготовленных с различными параметрами режима печати. Для производства образцов использовались термопластик PA6 (как материал матрицы) и препрег на основе жгута из непрерывного углеволокна UMT42S-3K, пропитанного PA6 (как армирующий наполнитель). При испытаниях на растяжение получены значения предельной нагрузки около 200–250 Н (или около 20–25 кг) на каждую нить углеволокна в образце и предел прочности около 800–1000 МПа с пересчётом на площадь сечения зоны армирования.

Разработанная технология объёмной печати с непрерывным армированием может быть применена для замены ряда изделий из металлов и сплавов при мелкосерийном производстве и текущем ремонте (например, алюминиевого сплава АВ с прочностью при растяжении около 350 МПа), а также послужить заменой изделий из традиционных ПКМ при прототипировании, производстве опытных образцов и небольших партий изделий.

Список используемых источников:

1. Полимерные композиционные материалы (часть 1): учебное пособие / Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. — 118 с.
2. Баурова, Н.И. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин: учеб. пособие / Н.И. Баурова, В.А. Зорин. — М.: МАДИ, 2016. — 264 с.
3. Аддитивное производство изделий с пространственным армированием непрерывным волокном (Additive manufacturing of parts with three-dimensional continuous fiber reinforcement) / И.С. Торубаров, А.В. Дроботов, И.А. Гушин, Д.С. Вдовин, А.Л. Плотноков, А.А. Яковлев // Frontiers Materials & Technologies. — 2022. — № 2. — 13 с. — URL: <https://www.vektornaukitech.ru/jour/article/view/429/401>.

Создание искусственной шероховатости в каналах охлаждения ЖРД с помощью инновационных технологий 3D-печати

Шестерня В.И.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Назаров В.П.

СибГУ им. М.Ф. Решетнёва, Красноярск

При повышении давления и коэффициента массового соотношения компонентов в камере сгорания увеличивается как удельный импульс двигателя, так и удельный тепловой поток, направленный в стенку камеры жидкостного ракетного двигателя (ЖРД). В связи с этим надежность ЖРД во многом зависит от системы наружного (регенеративного) охлаждения камеры двигателя. Одним из способов, влияющих на эффективность охлаждения, является использование искусственной шероховатости по дну канала в охлаждающем тракте камеры ЖРД.

Нанесение искусственной шероховатости в каналах охлаждения может существенно улучшить теплоотвод и повысить эффективность охлаждения камеры. Это связано с тем, что в пограничном ламинарном слое сосредоточено основное термическое сопротивление процессу теплоотдачи из-за низкой скорости потока [1]. Нанесение искусственной шероховатости приводит к турбулизации потока в пограничном слое, вследствие чего коэффициент теплоотдачи увеличивается. Это особенно важно при использовании криогенных компонентов топлива в качестве охладителя.

Существует несколько способов нанесения искусственной шероховатости на дне каналов охлаждения:

- использование импульсного волоконного лазера;
- электроэрозионная обработка с применением электрода-инструмента;
- комбинированные методы лазерной и электрохимической обработки.

Перечисленные методы имеют недостатки, такие как необходимость в дорогостоящем специализированном оборудовании, низкая точность искусственной шероховатости и большие энергетические затраты [2]. В связи с этим разрабатываются новые способы нанесения искусственной шероховатости.

Одним из инновационных методов является создание искусственной шероховатости с помощью аддитивных технологий 3D-печати. Такой метод позволяет создать монолитную конструкцию сложной формы, что сокращает время производства изделия. К преимуществам данного метода также стоит отнести возможность легко контролировать форму и размеры искусственной шероховатости. Недостатком создания искусственной шероховатости с помощью аддитивных технологий являются особенности 3D-печати, что может повлиять на ее форму, а также на качество поверхности дна канала. В связи с этим в первую очередь необходимо спроектировать образцы, на которых будут отрабатываться режимы печати и различные формы искусственной шероховатости.

Таким образом, создание искусственной шероховатости в каналах охлаждения ЖРД с помощью 3D-печати представляет собой перспективный подход, который может повысить интенсификацию теплообмена, соответственно, улучшить эффективность охлаждения и увеличить надежность изделия. Однако необходимы дополнительные исследования в данной области для определения оптимальной геометрии искусственной шероховатости и режимов печати изделия.

Список используемых источников:

1. Савич Д.В., Долгов Н.В. Интенсификация процессов теплообмена аппаратов пленочного типа // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2021. № 5 (151). С. 45–53.
2. Юхневич С.С., Рязанцев А.Ю., Евченко И.В. Разработка технологии механической обработки для получения турбулизаторов в камерах сгорания жидкостных ракетных двигателей // Инженерный журнал: наука и инновации. 2023. № 4 (136). С. 1–15.

Секция №8.3 Материаловедение (металлургия)

Жизнь в космосе. Космическое материаловедение: испытание и выбор материалов для изделий длительного пользования в открытом космосе, межпланетных перелётах и при освоении других планет

Абрашина С.Х., Корнеев И.А., Клюев И.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Глушечков В.А.

Самарский университет, Самара

В настоящее время освоение околоземного и межпланетного пространства требует создания космических объектов (техники), способных к длительному функционированию. Под действием факторов космического пространства меняются свойства материалов, в том числе механические свойства металлов, снижающие прочность, надёжность и долговечность изделий. Необходимость решения этой проблемы возрастает в связи с перспективой развития работ по освоению ближнего и дальнего космоса. Для выбора металлов, противостоящих этим факторам, необходимы их соответствующие испытания. Существующее специализированное оборудование — уникально, дорогостоящее и позволяет оценить влияние только одного космического фактора, действующего на исследуемый металл весьма ограниченное время. Испытание в условиях космоса экспонируемых образцов в земных условиях искажает результаты, свойства, реально существующие в космосе. Эти натуральные испытания также являются кратковременными, кроме того, такие испытания сопряжены с определенными технико-экономическими трудностями реализации. Это говорит о том, что повышение точности характеристик металлов непосредственно в космосе является актуальной задачей.

Предлагаемое техническое решение состоит в создании малогабаритного и малоэнергозатратного прибора твердости с силоприводом из материала с памятью формы. Действующая модель спроектирована, изготовлена и опробована в работе, что дало возможность спрогнозировать габаритные размеры реального прибора 100x200x350 мм, с потребляемой энергией 120 ватт и весом 15–20 кг. Создание такого прибора открывает путь (возможность) испытания металлов в открытом космосе.

Выбор метода испытания на твердость объясняется наличием корреляционной связи между числом твердости и константами механических свойств. Замерив твердость, через тарифовочный график определяются действующие напряжения и деформации, характеризующие текущее состояние металла и его характеристики. Испытание на твердость наиболее простой метод механического испытания, не требующий больших усилий и сопровождающийся минимальными пластическими деформациями. Метод наиболее удачно реализуется с применением твердомера с силоприводом из материала с памятью формы: максимальные усилия и минимальные перемещения.

Из всех методов твердости для космических экспериментов выбран метод Виккерса. Величина нагрузки — от 40 кг до нескольких грамм при микро твердости, а глубина отпечатка — сотые доли мм.

Суть космического эксперимента состоит в замере твердости HV через каждый месяц в течении длительного периода (пол года). По результатам испытания планируется получить график изменения твердости во времени под комплексным воздействием ФКВ, а через тарифовочный график — изменение констант мех. свойств во времени. Испытания проводятся для образцов из различных марок материала, что даст сравнительную их оценку по противодействию ФКВ, выбрать наиболее стойкий.

Многие сплавы прошли испытания временем на орбитальных станциях. Но почти каждый день создаются новые материалы: металлы, композиционные, не металлические для межпланетных перелетов, для освоения Луны и других планет. Их поведение в космосе потребует новых исследований и предлагаемый метод испытания поможет решению этих задач.

Предложенный метод только первый шаг в испытании металлов в открытом космосе. Продолжением НИР является разработка метода испытания не металлических материалов, создание, например, метода и прибора испытания на твердость — склерометрия.

Выводы:

1. Развитие космонавтики — создание новых космических станций, межпланетные перелеты, освоение планет солнечной системы требует испытания новых материалов в открытом космосе с целью получения новых знаний об изменении их механических свойств под комплексным длительным воздействием факторов космического пространства.

2. Создания методов и средств таких испытаний непосредственно в космосе является актуальной задачей.

3. Впервые предложен метод испытания металлов на твердость в условиях открытого космоса с получением констант механических средств, необходимых в дальнейшем для расчета и прогнозирования ресурсных показателей космической техники.

4. Разработано несколько вариантов компоновочных схем и технических решений при создании твердомеров с силоприводами из материала с памятью формы.

5. Для реализации одного из решений разработана, изготовлена и опробована действующая демонстрационная модель твердомера с новым структурным силоприводом.

6. Определены направления дальнейших научно исследовательских работ космического материаловедения: построение тарировочных графиков, минимизация массогабаритных характеристик твердомера, потребляемой энергии, технические решения по нагреву и охлаждению силовых элементов, по защите твердомера от ФКВ и другие.

Список используемых источников:

1. Патент на полезную модель № 157417 U1 Российская Федерация, МПК G01N 3/40, B64G 4/00. Устройство для испытания материалов на твердость в условиях космического пространства : № 2015117791/28 : заявл. 12.05.2015 : опубл. 10.12.2015 / В. А. Глушников, Р. Ю. Юсупов, В. К. Алехина ; заявитель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)» СГАУ. — EDN JTONQK.

Влияние термической обработки на структуру и характеристики эффекта памяти формы сплава на основе никелида титана

Алсаева О.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Коллеров М.Ю.

МАИ, Москва

Сплавам на основе системы Ti-Ni свойственен эффект памяти формы (ЭПФ), который обуславливает их применения в различного рода исполнительных устройствах, температурных датчиках, муфтах для сборки трубопроводов и т. п. Благодаря биологической инертности данные сплавы актуальны в медицине. Для более широкого внедрения сплавов системы Ti-Ni в практику требуется точное управление их комплексом свойств ЭПФ, который во многом зависит от выбора оптимальных режимов термической обработки: отжига и последующего старения [1].

Поэтому целью данной работы является исследование влияния термической обработки на структуру и характеристики ЭПФ сплава на основе никелида титана.

В настоящей работе исследовали горячекатаный лист толщиной 2 мм из сплава Ti-55.6 %Ni по массе. Лист был подвергнут гидроэрозивной резке на образцы и отжигу в вакуумной печи при 700°C в течение 1 часа с последующем охлаждением со скоростью 0,1 °C/с. Далее образцы подвергали старению в печи с воздушной атмосферой при температурах (tст) от 370 до 550 °C с шагом 30 °C с выдержкой от 5 до 120 минут.

Образцы в виде полос шириной 2 мм были использованы для определения температур начала и конца восстановления формы (Анв, Акв) после деформации изгибом на 2% при –10 °C, согласно стандарту ASTM F 2082.

На прямоугольных образцах размером 15х20 мм перпендикулярно направлению прокатки был проведен металлографический анализ на лазерном микроскопе LEXT Olympus 3300 в конфокальном режиме с 3D-сканированием. Рентгеноструктурный анализ осуществляли в плоскости прокатки образцов на аппарате ДРОН-7 в α -медном излучении.

Образцы после вакуумного отжига проявляют сверхупругость, когда вся наведенная при -10°C деформация устраняется в процессе разгрузки. После старения образцы демонстрируют однократный ЭПФ, при котором остаточная деформация устраняется при нагреве в интервале температур Анв, Акв. Состаренные при 460°C в течение 120 минут образцы имеют максимальные температуры восстановления формы Анв = 30°C и Акв = 45°C .

Необходимо отметить, что при $t_{ст} \leq 460^\circ\text{C}$ при формоизменении наблюдается двухстадийное восстановление формы, в процессе которого при низких температурах устраняется 1,1% деформации, а при более высоких 0,3%. На образцах с $t_{ст}$ от 490 до 520°C на низкотемпературной стадии восстанавливается 0,3%, а на высокотемпературной — 0,3%. После старения при 550°C формоизменение происходит в одну стадию.

Металлографические и рентгеноструктурные исследования показали, что в процессе старения происходит выделение когерентных с B2 матрицей частиц Ti_3Ni_4 , размер которых увеличивается с ростом $t_{ст}$ [2]. Максимальная объемная доля этих частиц наблюдается после $t_{ст} = 460^\circ\text{C}$ и сочетается с минимальным периодом кристаллической решетки B2-фазы и максимальной полушириной ее дифракционных максимумов. Это указывает на обогащение B2-фазы титаном и формирование высокого уровня микронапряжений.

Также изменения структуры приводит к повышению температур мартенситных $\text{B2} \leftrightarrow \text{R}$ и $\text{B19}' \leftrightarrow \text{R}$ превращений в результате чего повышаются Анв и Акв образцов после старения.

Процессы структурообразования исследуемого сплава также определяются схемой старения, например, двухступенчатой обработкой при разных температурах. Так если за высокотемпературным старением ($t_{ст} = 520\text{--}550^\circ\text{C}$) следует низкотемпературная ($t_{ст} = 460^\circ\text{C}$) происходит образование максимальной объемной доли частиц Ti_3Ni_4 , что приводит к повышению температуры конца восстановления формы до 53°C . В том случае если за низкотемпературной ступенью ($t_{ст} = 460^\circ\text{C}$) следует высокотемпературная ($t_{ст} = 550^\circ\text{C}$), то при выдержке 5–20 минут наблюдается растворение частиц Ti_3Ni_4 и снижение Анв и Акв ниже -10°C , что обуславливает сверхупругое поведение образцов. При дальнейшем увеличении времени выдержки происходит распад B2-фазы, но с образованием более крупных частиц Ti_3Ni_4 и повышением Анв и Акв так же, как и при одноступенчатом старении при той же температуре. Растворение мелкодисперсных частиц Ti_3Ni_4 , выделившихся на низкотемпературной ступени старения, при более высоких $t_{ст}$ подобно растворению зон Гинье-Престона при обработке на возврат алюминиевых сплавов.

Проведенные исследования показали, что выбором схемы и режимов старения можно изменять температуры восстановления формы сплава на основе никелида титана в широком диапазоне (более, чем на 60°C), что может быть эффективно использовано для управления характеристиками работоспособности различных конструкций с ЭПФ.

Исследования выполнены в рамках базовой части государственного задания вузам № FSFF-2023–0004 с использованием оборудования ресурсного центра коллективного пользования «Авиационно — космические материалы и технологии» МАИ.

Список используемых источников:

1. Функциональные материалы с эффектом памяти формы: учеб. пособие / Коллеров М.Ю., Гусев Д.Е., Гуртовя Г.В., Ручина Н.В., Гвоздева О.Н. — М., 2015. — 161 с.
2. Poletika T, Girsova S., Bitter S., Lotkov A. Effect of Aging Treatments on the Structure, Deformation Response, and R Transformation in Nanocrystalline Ti–50.9 at.% Ni Alloy. *Metals*. 2022; 12(10), 1725.

Влияние индукционной закалки на фазовый состав, структуру и твердость титанового сплава ВТ6

Антонова А.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Мамонов А.М.

МАИ, Москва

На данный момент количество проводимых операций по замене коленного сустава сильно возросло, что поспособствовало разработке эндопротезов с высокими показателями износостойкости суставных поверхностей. Одним из используемых материалов для изготовления эндопротезов является титановый сплав ВТ6. Эффективным способом повышения износостойкости пар трения с деталями из сплава ВТ6 является комплексная технология, включающая термоводородную обработку и низкотемпературное вакуумное ионно-плазменное азотирование [1]. Однако, в связи с длительностью, сложностью и высокой стоимостью термоводородной обработки представляет интерес замена ее на индукционную закалку с последующим старением. Такой способ термической обработки позволяет получить упрочненный поверхностный слой разной толщины, обеспечить повышение твердости, лучшей полируемости поверхностей трения и наибольшую эффективность вакуумной ионно-плазменной обработки.

Во многих отраслях промышленности применяется индукционный нагрев под закалку как наиболее рациональный метод упрочнения изделий из стали. В тоже время нагрев титановых сплавов при упрочняющей термической обработке в основном осуществляют в печах других типов.

Задачей работы является проведение высокоскоростного нагрева под закалку образцов из сплава ВТ6 с различным временем выдержки в индукторе с последующим старением и экспериментальное определение фазового состава, структуры и твердости образцов после каждого этапа термической обработки.

Индукционная закалка проводилась с использованием высокочастотного генератора ВЧГ7-60/0,066. Цилиндрические образцы из сплава ВТ6 диаметром 20 мм и длиной 20 мм вносились в индукционную спираль и выдерживались от 2 до 10 секунд для достижения разной температуры нагрева под закалку. Охлаждение происходило в воде. Далее образцы разрезали пополам, подготавливали шлиф с травлением с внутренней стороны. Старение проводилось в электропечи камерной лабораторной СНОЛ-1,6,2,5,1/9 при температуре 550 °С в течение 5 часов с последующим охлаждением на воздухе. Проводились исследования химического и фазового составов, микроструктурные исследования и измерения твердости.

Было установлено, что индукционная закалка с последующим старением позволяют получить мелкодисперсную структуру и существенно повысить твердость (до 41–42 ед. HRC) по сравнению с исходным состоянием. Это обеспечивает максимальную эффективность вакуумного ионно-плазменного азотирования, необходимого для повышения износостойкости поверхностей трения эндопротезов коленного сустава.

Список используемых источников:

1. Ильин А.А., Мамонов А.М., Карпов В.Н., Петров Л.М., Овчиников А.В. Комплексные технологии создания износостойких высоконагруженных компонентов эндопротезов крупных суставов из титановых сплавов // Технология машиностроения. 2007. №9 (63). С. 43–46.

Влияние вакуумной ионно-плазменной обработки на структуру и свойства псевдо β -титановых сплавов ВТ22 и Ti-5553

Бессемянников В.В., Огурцов М.М., Митрофанова А.Р.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Скворцова С.В.

МАИ, Москва

Большие значения коэффициента трения и частицы износа титана, имеющие склонность к налипанию на трущиеся поверхности ограничивают применение титановых сплавов при изготовлении деталей, работающих в условиях ограниченной подвижности, где замена сталей титановыми сплавами приведет к значительному снижению массы конструкции.

Поэтому цель настоящей работы состояла в изучении влияния параметров ВИПО на структуру и свойства модифицированной поверхности титановых сплавов ВТ22 и Ti-5553

Объектами исследований в работе служили полированные образцы сплавов ВТ22 и Ti-5553 после упрочняющей термической обработки с дисперсной (α + β)- структурой и твёрдостью порядка 430 ед. HV0.05. Для исследований применяли стандартные методы исследования и современное аналитическое оборудование.

Нагрев при азотировании до 550 °С не позволяет получить высоких значений прочности на поверхности. При температурах выше 580 °С качество поверхности сильно ухудшается, увеличивается шероховатость, размер и количество пор, что может приводить к ухудшению износостойкости, повышению коэффициента трения. Таким образом, оптимальной температурой азотирования выбрана 580 °С, формирующая беспористое покрытие,

Проведённые исследования показали, что нагрев при азотировании до 580 °С с выдержкой в течение 15 минут формирует на поверхности очень тонкую нитридную пленку. С увеличением времени выдержки азотирования до 40 минут на поверхности формируется более плотная пленка. Увеличение времени выдержки до 60 минут приводит к появлению небольшого количества пор. Таким образом, оптимальным временем азотирования является 40 минут.

После ВИПА микротвёрдость поверхности исследуемых сплавов увеличивается примерно в 1,5 раза и составляет в среднем 650 ед. HV0.05. Нанесение нитрида титана приводит к повышению микротвёрдости поверхности почти в 2 раза по сравнению с исходным состоянием — до 890 ед. HV0.05. А проведение комбинированной обработки приводит к незначительному увеличению микротвёрдости до 910 ед. HV0.05.

После азотирования наблюдается плавный характер изменения значений микротвёрдости, а глубина модифицированного слоя составляет 100 мкм. Для нитрида характерны высокие значения твёрдости с резким снижением до значений твёрдости основного металла. Толщина модифицированного слоя составляет всего 10 мкм. Исследования образцов после комбинированной обработки, как и после азотирования, показали, что глубина модифицированного слоя с повышенной твёрдостью составляет также 100 мкм.

Таким образом, в качестве оптимального режима упрочнения поверхности сплавов ВТ22 и Ti-5553 выбран режим азотирования при температуре 580 °С в течение 40 минут, который позволяет сформировать на поверхности плотное беспористое покрытие, состоящее из тонкого слоя (TiN, Ti₂N) и твердого раствора внедрения азота в α и β фазах повышенной твёрдости.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (грант № 22-29-01061) с использованием оборудования ресурсного центра коллективного пользования «Авиационно-космические материалы и технологии» МАИ.

Список используемых источников:

1. Сковцова С.В., Зайнетдинова Г.Т., Гуртова Г.В., Тевс М.Д. Влияние легирующих элементов на твердость опытных псевдо- β -титановых сплавов // Деформация и разрушение материалов. 2022. № 12. С. 10–16.
2. Шураков М.А., Бессемянников В.В., Митрофанова А.Р., Зайнетдинова Г.Т. Влияние вакуумного ионно-плазменного азотирования на структуру и свойства псевдо- β -титанового сплава Ti-5553// В книге: Авиация и космонавтика. Тезисы 22-ой Международной конференции. Москва, 2023. С. 315–316.
3. Сковцова С.В., Зайнетдинова Г.Т., Гуртова Г.В., Федорова Л.В., Чупкиова А.Р. Влияние изотермической обработки на изменение структуры и твердости псевдо- β -титановых сплавов//Электрометаллургия. 2023. № 11. С. 10–20.
4. Сковцова С.В., Зайнетдинова Г.Т., Сарычев С.М., Афонина М.Б., Шаронов А.А. влияние вакуумного ионно-плазменного азотирования на структуру и свойства титанового сплава Ti-5553//Электрометаллургия. 2023. № 12. С. 15–24.

Фотокаталитическая способность магниевого сплава Mg–8Li–1Al–0.6Ce–0.3Y, модифицированного плазменно-электролитной обработкой

Долгушин Я.В., Медвецкова В.М.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Крит Б.Л.

МАИ, Москва

Целью данной работы является экспериментальное исследование фотокаталитической (ФК) способности поверхности магниевого сплава Mg–8Li–1Al–0.6Ce–0.3Y, модифицированной плазменно-электролитной обработкой (ПЭО). Ряд исследований указывают на проявление ФК способности сплавами вентильных металлов (алюминия, магния, титана), подвергнутых ПЭО [1-2].

В настоящей работе объектом изучения служил ультралёгкий сплав Mg–8Li–1Al–0.6Ce–0.3Y. ПЭО проводили в электролите состава: 15 г/л алюмината натрия и 1,2 г/л гидроксида калия. Режим обработки: анодно–катодный; продолжительность обработки составляла 20 минут. Для оценок ФК способности была выбрана реакция деградации раствора метиловый оранжевый.

Эксперименты проводились для двух исследуемых образцов сплава Mg (непокрытых сплавов Mg–8Li–1Al–0.6Ce–0.3Y и ПЭО-модифицированных сплавов Mg–8Li–1Al–0.6Ce–0.3Y). Оптическую плотность раствора снимали с помощью спектрофотометра СФ-46.

В начальной стадии эксперимента анализируемый свежеприготовленный раствор метиловый оранжевый как без исследуемых образцов сплава Mg (непокрытых и ПЭО-модифицированных), так и в их присутствии, находился в изоляции от внешнего излучения в течение 60 минут. Это необходимо для достижения равновесия процессов адсорбции и десорбции. Во второй стадии эксперимента раствор облучался УФ-излучением с помощью лампы мощностью 30 Вт. Через определенные промежутки (в нашем случае: 5, 15, 30, 55, 90 минут) извлекались несколько образцов из реактора. Далее оценивалась оптическая плотность с помощью спектрофотометра.

Оценив кинетические зависимости изменения оптической плотности раствора, можно сделать вывод, что присутствие поверхности ультралёгкого сплава магния Mg–8Li–1Al–0.6Ce–0.3Y, подвергнутого ПЭО, в два раза ускоряет процесс разложения метилоранжа по сравнению с самопроизвольной реакцией при воздействии ультрафиолета. Причиной этого мы считаем проявляемую ПЭО-покрытием ФК активность.

Список используемых источников:

1. Patent US 2015/0068906 A1. Photocatalyst. Curran J., Chipasa K., Mowbray M., Leigh A., 2015.
2. A. Fattah-alhosseini, M. Molaei, M. Nouri, K. Babaei / Antibacterial activity of bioceramic coatings on Mg and its alloys created by plasma electrolytic oxidation (PEO): A review // Journal of Magnesium and Alloys, 10, (2022), 81–96. <https://doi.org/10.1016/j.jma.2021.05.020>.

Сопоставление расчётного и экспериментального методов определения температуры полиморфного превращения титановых сплавов

Ельцова А.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гвоздева О.Н.

МАИ, Москва

Титан и титановые сплавы благодаря уникальному комплексу свойств являются перспективными материалами и широко используются в различных отраслях промышленности. Структура сплавов, формирующаяся в процессе их деформации и термического воздействия, определяет комплекс механических свойств. При этом основной температурой, относительно которой происходит назначение режимов деформации и термической обработки, является температура полиморфного превращения.

Полиморфное превращение влечет за собой изменение типа кристаллической решетки металла. Для нелегированного титана оно протекает при постоянной температуре 882 °С, для титановых сплавов — в интервале температур начала и конца. Входящие в состав сплавов

легирующие элементы и примеси, могут повышать или понижать температуру полиморфного превращения.

Поэтому цель настоящей работы состояла в экспериментальном определении температуры полиморфного превращения титанового сплава ВТ6 в сравнении с аналитической методикой.

Исследования проводили на сплаве ВТ6, для которого паспортная температура полиморфного превращения лежит в интервале от 950 °С до 1000 °С. Для теоретического расчёта было выбрано 25 плавов, состав которых был разбит на три интервала: легированных по нижнему, верхнему и среднему паспортному допуску. Для экспериментального исследования были выплавлены 6 слитков, рассматриваемых интервалов.

Показано, что аналитический метод расчёта температуры полиморфного превращения по формулам, основанный на данных концентраций элементов или эквивалентов по алюминию и молибдену даёт схожие результаты, но на 15 % ниже паспортных данных.

Экспериментально температуру полиморфного превращения определяли методом пробных закалок. Анализ полученных данных показал, что основными элементами оказывающими существенное влияние на температуру полиморфного превращения являются Al, V и O. Так самая низкая температура полиморфного превращения (960 °С – 980 °С), удовлетворяющая среднему допуску, соответствует плавкам, в которых содержание всех элементов находится на нижнем приделе. Увеличение концентрации основных элементов до значений среднего и верхнего допуска приводит к превышению допустимых значений более чем на 30 °С.

На основании проведённых исследований показано, что расчёт по разным аналитическим формулам даёт примерно схожие результаты температуры полиморфного превращения, но ниже на 15 °С по сравнению с экспериментальным методом.

Список используемых источников:

1. Колачев, Б. А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов: Учебник для вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. / Б.А. Колачев, В.И. Елагин, В.А. Ливанов— М.: МИСИС, 2005.-432 с. — ISBN 5-87623-128-2.
2. Ильин, А. А. Титановые сплавы. Состав, структура, свойства. Справочник. / Б.А. Колачев, И.С. Полькин -М.:ВИЛС-МАТИ, 2009. — 520 с.
3. ОСТ 90013-81. «Сплавы титановые. Марки» М.: ВИАМ, 2001. 7 с.

Получение пористого титанового покрытия с применением органического связующего

Заиров А.В., Тевс М.Д.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Сковцова С.В.
МАИ, Москва

В современном мире нередко хирургические замены различных суставов организма человека на искусственные. Одним из наиболее распространенных случаев является эндопротезирование тазобедренного сустава (ТБС). Существует два варианта соединения протеза с костью: цементная и бесцементная фиксация. Второй вариант является приоритетным при первичной замене сустава. Стабильность работы такого протеза ТБС обеспечивается остеоинтеграцией в него костной ткани.

Цель данного исследования состояла в получении пористого титанового покрытия на компонентах эндопротеза тазобедренного сустава. Одним из самых распространённых способов получения пористого покрытия на компонентах эндопротеза тазобедренного сустава является метод плазменного напыления. Недостатком этого метода является получение недостаточной «разветвлённости» поверхности. В качестве альтернативы для создания пористого покрытия был исследован метод нанесения на поверхность титанового порошка с использованием органического связующего, в роли которого использовали поливиниловый спирт (ПВС) и порообразователя, в роли которого выступила поваренная соль (NaCl). Задачей

являлось получение необходимой пористости покрытия (50-60%) с размером пор в 100-400 мкм и адгезионной прочностью не менее 50 МПа.

В качестве материала основы были использованы пластины из сплава ВТ6, который является разрешённым для изготовления имплантатов. Опытные образцы подвергались пескоструйной обработке с целью достижения наилучшей связи материала покрытия с основой. Для пористого покрытия использовали порошок сплава ВТ1-0, который среди всех титановых сплавов показывает наилучшие характеристики биологической совместимости с организмом человека. Были использованы порошки ВТ1-0 различного гранулометрического состава: «крупный» с размером фракций от 100 до 1000 мкм и «мелкий» с размером фракций менее 100 мкм. В качестве порообразователя использовались порошки NaCl схожего гранулометрического состава: «крупный» с размером фракций от 200 до 1000 мкм и «мелкий» с размером фракций менее 200 мкм.

Процесс создания пористых покрытий можно разделить на 6 этапов:

1. Получение исходных смесей из порошков сплава ВТ1-0 и порообразователя различного гранулометрического состава в различных пропорциях. Также были получены «сырые» смеси, в которые в различных пропорциях была добавлена дистиллированная вода;
2. Получение водного раствора поливинилового спирта концентрацией 30%;
3. Нанесение смесей на основу с помощью раствора поливинилового спирта;
4. Растворение порообразователя методом выдержки образцов в дистиллированной воде;
5. Спекание покрытий с основой в вакуумной печи при температуре 1150 °С в течение 2 часов.

По результатам проведённых исследований было выявлено, что предложенная технология не позволила достичь поставленную цель вследствие низкой адгезионной прочности полученных покрытий. Причиной этому являлось технологическое ограничение, а именно невозможность проведения спекания при температурах выше 1150 °С. Для дальнейших исследований предложено использование наводороженного порошка сплава ВТ1-0, т.к. в проведённых ранее исследованиях было показано, что при дегазации водорода в процессе спекания в вакууме наблюдается увеличение адгезионной прочности покрытия с основой.

Влияние температуры закалки на структуру и механические свойства новой азотосодержащей мартенситно-аустенитной стали 22Х16АНЗМД

Клименков А.Д., Смирнов А.А., Уткина Д.Ю.

Научный руководитель — к.т.н. Лукин Е.И.

МАИ, Москва

Факт того, что применяемые высокопрочные нержавеющие стали легированные углеродом на сегодняшний день не могут удовлетворить требованиям конструкторов уже на этапе проектирования узлов и конструкций техники специального назначения, послужил развитием и созданию новых систем легирования коррозионностойких сталей. В частности, в ИМЕТ РАН были разработаны новые высокопрочные стойкие к коррозии стали, легированные азотом. Повышение прочности, пластичности, долговечности и надежности в азотосодержащих сталях реализуются благодаря участию азота в твердорастворном, дисперсионном и других видах упрочнения стали [1, 2].

Одним из ключевых факторов, влияющих на структуру и свойства азотосодержащих сталей, является термическая обработка, в частности процесс закалки. Целью данного исследования является изучение воздействия температуры закалки на структуру и механические свойства азотосодержащей мартенситно-аустенитной стали 22Х16АНЗМД.

Объект исследования — азотосодержащая коррозионностойкая мартенситно-аустенитная сталь 22Х16АНЗМД. Испытания на растяжение проведены на машине Instron-3382 в соответствии с ГОСТ 1497-84. Твердость образцов измеряли по Роквеллу при нагрузке 150кгс (шкала С) по ГОСТ 9013-59 на твердомере Wilson 3JR. Микроструктуру изучали с помощью микроскопа Olympus GX-50. Количественный фазовый анализ осуществляли по отношению

интенсивности рефлексов γ - и α -фаз на дифрактометре ДРОН. При выборе режимов термической обработки учитывали температуры фазовых превращений стали при нагреве и охлаждении. Дилатометрические исследования проведены на установке DIL805A/D.

С повышением температуры от 900 до 1200 °С твердость стали 22Х16АНЗМД снижается от 44 до 21 HRC, размер зерна увеличивается.

Согласно рентгеноструктурным исследованиям, стали, снижение твердости с повышением температуры закалки связано с уменьшением количества мартенсита и увеличением количества остаточного аустенита.

Растворение карбонитридных частиц и соответственно переход азота и углерода в твердый раствор зависит от температуры нагрева под закалку. С увеличением температуры закалки до 1000 °С параметр кристаллической решетки γ -фазы непрерывно растет. Плато в интервале температур 1000 – 1200 °С обусловлено полным растворением карбонитридов хрома и переходом азота и углерода в твердый раствор.

Изменение концентрации азота и углерода в матрице с повышением температуры нагрева под закалку исследуемой стали влияет на соотношение фаз $Va/V\gamma$. Так, При Тзак = 900 °С соотношение $Va/V\gamma$ было 80/20 (%), а после закалки от 1200 °С количество этих фаз составило 10/90 (%) соответственно.

Изменение фазового состава, размера зерна непосредственно влияет на механические свойства исследуемой стали. В ходе работы определено, что высокие значения твердости и прочности при сохранении достаточной для практического применения пластичности сталь 22Х16АНЗМД имеет при 1000 °С (42HRC, $\sigma_B = 1700$ МПа, $\sigma_{0,2} = 1350$ МПа, $\delta = 13\%$, $\psi = 35\%$).

Проведенные исследования влияния скорости охлаждения при закалке от 1000 °С на структуру и механические свойства рассматриваемой стали показали, что снижение скорости охлаждения незначительно уменьшает количество образующегося мартенсита, при этом механические свойства так же меняются незначительно.

Список используемых источников:

1. Исследование структуры и механических свойств высокопрочных конструкционных сталей / О. А. Банных, А. М. Сорокин, И. О. Банных, Е. И. Лукин // *Электрометаллургия*. — 2018. — № 2. — С. 2–7.
2. Коррозионно-стойкие высокопрочные азотистые стали / И. В. Горынин, В. А. Мальшевский, Г. Ю. Калинин [и др.] // *Вопросы материаловедения*. — 2009. — № 3(59). — С. 7–16.

Исследование защитных свойств тонких модифицированных магнетронных покрытий на малолегированных сплавах молибдена

Коломыцев К.А.¹, Овсянников Г.Н.²

Научный руководитель — к.х.н. Потехина Н.В.

¹НИЯУ МИФИ; ²НИИ НПО «Луч»; ²МГУ, Москва

Одной из важнейших задач современного материаловедения является создание жаропрочных сплавов, способных работать без разрушения в течение длительного времени при температурах 1000÷1500 °С и выше. Для эксплуатации в указанном температурном интервале наиболее перспективными являются сплавы на основе тугоплавких металлов: ниобия, молибдена, вольфрама, ванадия, циркония и др. Однако они обладают низкой жаростойкостью [1]. На данный момент разрабатываются два основных направления защиты сплавов тугоплавких металлов: усложнение легирования и создание защитных покрытий. Однако, легирование тугоплавких металлов зачастую приводит к заметному снижению пластичности, что существенно усложняет их деформационную обработку [2]. В данной работе рассматривается метод нанесения тонких покрытий с помощью магнетронного распыления с последующей их модификацией. В качестве материалов покрытий были выбраны хром, титан, алюминий, а также кремний, обладающие коррозионной стойкостью к газовой коррозии. Новизна работы состоит в исследовании поведения тонких (до 1 мкм) покрытий на малолегированных сплавах молибдена.

Для исследования защитных свойств модифицированных покрытий, полученных магнетронным распылением, при высокотемпературной газовой коррозии малолегированных сплавов на основе молибдена использовались образцы, вырезанные из прутка монокристалла с ориентацией [100] с содержанием ниобия от 1,5 до 6,5 масс.%. Образцы тщательно подготавливались с использованием шлифовки и электрохимической полировки. Контроль качества поверхности подготовленных образцов осуществлялся с помощью атомно-силового микроскопа INTEGRA NT-MDT и профилометра МНП-1. Для нанесения тонких покрытий использовалась высоковакуумная напылительная установка Q150T ES (Quorum Technologies Ltd). Толщина покрытия контролировалась с помощью кварцевого кристалла анализатора, который определяет толщину покрытия по смещению резонансного пика.

Для модификации покрытий использовалась установка для ионно-пучковой обработки KBK-10. Данная установка позволяет проводить имплантацию ионов азота с энергией до 40 кэВ в тонкие приповерхностные слои широкоапертурным ионным пучком. Масса всех образцов до и после отжига была измерена на высокоточных аналитических весах. Было испытано две группы образцов с различными покрытиями на основе титана, хрома, алюминия и кремния. Первая группа образцов не подвергалась ионной обработке. Вторая группа образцов обрабатывалась ионами азота в течение одного часа.

Рентгенофазовый анализ показал, что в имплантированных образцах присутствуют разнообразные нитриды — $\text{MoXN}_2\text{-x}$, а также нитриды соответствующих покрытий: CrN , TiN , AlN , Si_3N_4 .

Для оценки коррозионной стойкости, образцы отжигались в муфельной печи при температуре 950 °С. Степень коррозионного поражения после отжига оценивалась на поперечном шлифе образцов на электронном микроскопе TESCAN MIRA 3 LMU. Качественный и полуколичественный анализ фаз покрытия выполнен методом локального электронно-зондового микроанализа с использованием энергодисперсионного спектрометра X-Max 150 (Oxford Instruments). Исследования образцов проводились при ускоряющем напряжении 20 кВ и токе электронного пучка 1 нА. Измерения глубины коррозии проводились на полированном сечении образца, определялись минимальная и максимальная толщина окисленного слоя.

Удовлетворительные результаты были получены на образцах с кремниевым покрытием как без, так и после имплантации. При этом после испытания сохраняются соответствующие нитриды, а также присутствуют силициды материала подложки, например, MoSi_2 . Также для данных образцов было получено наименьшее изменение массы, менее 1 %. Исследование поперечного шлифа покрытия на электронном микроскопе показало, что после однократного отжига при 950 °С кремниевое модифицированное покрытие характеризуется постоянной толщиной и отсутствием следов коррозионных поражений. При этом аналогичное покрытие без выполненной имплантации имеет на поперечном шлифе локальные следы коррозии до 30 мкм.

Таким образом, в ходе работы было установлено:

1. наилучшими защитными свойствами малолегированных сплавов молибдена от газовой коррозии обладают кремниевые покрытия;
2. ионная имплантация повышает защитные свойства покрытия;
3. покрытия на основе алюминия, хрома и титана не обладают достаточными защитными свойствами, чтобы противостоять газовой коррозии малолегированных сплавов молибдена.

Список используемых источников:

1. Кофстад П. Высокотемпературное окисление металлов / пер. с англ. — М.: Издательство «МИР», 1969. — 389 с.
2. Натансон А.К. Молибден: сборник / пер. с англ. — М: Издательство иностранной литературы, 1959. — 304 с.

Определение биологических и механических требований к пористым имплантатам из волокон титана

Конкина А.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Коллеров М.Ю.

МАИ, Москва

Разработка новых имплантируемых материалов для лечения травм и заболеваний костного скелета является актуальной проблемой материаловедения. Особое внимание в этой области в последние десятилетия уделяется разработке пористых материалов и покрытий. Резекция грыж позвоночного столба, эндопротезирование тазобедренного и коленного суставов зачастую не представляется возможным без применения пористых материалов или покрытий.

При разработке таких материалов необходимо соблюдение принципов биологической и механической совместимости имплантатов (БМСИ), предложенного академиком РАН Ильиным А.А. [1, 2]. Для этого необходимо определение требований к материалам и технологиям их изготовления в зависимости от назначения конструкции. Но огромное разнообразие технологий изготовления и материалов, повсеместная тенденция к использованию нано- и аддитивных технологий затрудняют процесс объективной оценки материалов и технологий на предмет соответствия их биологических и механических показателей принципам БМСИ. Но именно определение биологических и механических требований к пористым имплантатам является начальным этапом в процессе проектирования и изготовления медицинских изделий.

В качестве биологических показателей можно выделить биоинертность, остеоиндукцию и остеокондукцию, которые во многом определяются составом сплава и характеристиками пористости материала (объемной пористостью и размером пор). Механическое поведение имплантатов и их надежность зависят от их конструкции, модуля упругости, предела текучести и относительного удлинения материала.

Конструкции имплантатов, использующих пористые материалы, можно разделить на следующие основные группы:

1. Монолитные конструкции с функциональными пористыми покрытиями (компоненты эндопротезов, стоматологических имплантатов и т.п.).
2. Объемно пористые силовые конструкции, замещающие дефекты кости (протезы позвонков, аугменты).
3. Пористые пластичные конструкции (реконструктивные пластины для челюстно-лицевой хирургии, серкляж и т.п.).

В качестве материалов для таких конструкций целесообразно использовать титан, цирконий и тантал, обладающие биологической инертностью и остеоиндуктивностью. Однако, перечисленные металлы обладают высоким модулем упругости (70–110 ГПа), в сравнении с костной тканью (0,5–20 ГПа) [3]. Однако пористые материалы имеют гораздо более низкий модуль упругости, в сравнении с монолитными, который близок к костной ткани при объемной пористости около 80%.

Для монолитных имплантатов с функциональным покрытием в первую очередь выдвигаются требования по адгезионной прочности пористого покрытия с монолитной основой [4]. Напряжение среза в 10 МПа можно считать достаточным для имплантируемых конструкций с пористым покрытием. Для обеспечения закрепления костной ткани в структуре покрытия необходима большая поверхность ее соприкосновения с покрытием, а также размеры пор 50–100 мкм, близкие к размерам остеобластов.

Объемно пористые конструкции, замещающие костную ткань, должны иметь более сложную пористую архитектуру. В этом случае необходим более широкий диапазон размеров пор 50–500 мкм, объясняющийся необходимостью в обширной васкуляризации вновь образованной костной ткани и дальнейшим поддержании её привычного жизненного цикла в матрице пористого имплантата. К примеру, в случае операции спондилодеза пористый материал должен обладать градиентной пористой архитектурой, препятствуя прорастанию кости в радиальном направлении с образованием остеофитов и благоприятствуя прорастанию

кости в вертикальном направлении. В результате чего образуется прочный костный блок между соседними позвонками.

Кроме того, механическое поведение, адекватное замещенной костной ткани, также необходимо для успешной остеоинтеграции и дальнейшего функционирования имплантата. Механические характеристики пористого имплантата будут определяться локализацией костного дефекта. В случае спондилодеза или аугментации околосуставных участков материал должен обладать низким модулем упругости (2–7 ГПа) и способностью к упругой деформации в 1–2,5%.

Применение пористых материалов также возможно и в тех случаях, когда имплантату необходимо придать определенную форму перед установкой в место костного дефекта. К примеру, в челюстно-лицевом остеозамещении или в случае замещения костных дефектов черепа. Предыдущие исследования авторов по тематике данной работы показали перспективность использования волокнистых титановых материалов в этой области, благодаря пластичности такого материала.

Предложенная классификация пористых материалов включает в себя все виды пористых конструкций, применяемых в медицине. Подавляющее большинство из них возможно изготовить из волокнисто-пористого титанового материала. Управляя пористой архитектурой такого материала при помощи различных способов изготовления можно добиться получения как упругих, так и пластических конструкций с требуемым диапазоном пор.

Список используемых источников:

1. Production of medical implants from titanium-base materials / A.A. Il'in A.A., Skvortsova S.V., Mamonov A.M., Karpov V.N., S.V. Skvortsova, A.M. Mamonov, V.N. Karpov // *Metally*. — 2002. — № 3. — С. 97–104.

2. Medical instrument and implants made of titanium nickelide: metal science, technology, application / A.A. Il'in A.A., Kollerov M.Yu., Khachin V.I., Gusev D.A., M.Yu. Kollerov, V.I. Khachin, D.A. Gusev // *Metally*. — 2002. — № 3. — С. 105–110.

3. О физической природе жесткости и прочности костной ткани / А.С. Аврунин, Б.Е. Мельников, Л.К. Паршин [и др.] // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Наука и образование. — 2010. — № 3. — С. 205–210.

4. Коллеров М.Ю., Рунова Ю.Э., Шляпин С.Д., Шалин А.В., Ручина Н.В. Термоводородная обработка волоконных пористых покрытий из титановых сплавов. Технология легких сплавов. — 2016. — №4. — С. 50–55.

Влияние характеристического размера полуфабриката из сплава ВТ23, охлаждённого в различных средах, на формирование фазового состава, структуры и комплекс механических свойств

Николаев Г.Ю., Рябов А.А., Смирнов А.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Скворцова С.В.

МАИ, Москва

Упрочняющая термическая обработка высокопрочных сплавов титана позволяет существенно повысить уровень их прочностных свойств и по удельной прочности превзойти большинство сплавов на основе алюминия и легированные стали. Однако, для крупногабаритных полуфабрикатов и изделий этот вид обработки практически не применяется из-за опасности возникновения при закалке и старении высокого уровня макро- и микронапряжений, вызывающих поводки, коробление и даже «самопроизвольное» разрушение изделий. Кроме того, формирование неоднородной структуры по сечению полуфабрикатов и изделий, вследствие различия в скоростях охлаждения, вызывает неравномерность механических свойств. Поэтому в настоящее время на практике упрочняющую термическую обработку заменяют на отжиг, который не позволяет реализовать весь ресурс прочностных свойств сплава.

Для оптимизации режимов термической обработки необходимо иметь информацию об изменении температурных полей по сечению полуфабрикатов в процессе охлаждения.

Исследование термонапряженного состояния крупногабаритных полуфабрикатов из сплава ВТ23 после охлаждения с температуры 830°C в воде, на воздухе и с печью состояло из двух этапов: определение температурного поля и определение напряжений и деформаций. Установлено, что охлаждение в воде вызывает значительный перепад температур по сечению и возможности протекания пластической деформации, поэтому нецелесообразно проводить охлаждение плит из сплава ВТ23 в воде.

Изменение типа охлаждающей среды приводит к резкому изменению v , но вид зависимости скорости охлаждения от текущей температуры остается неизменным. При охлаждении на воздухе максимальная v наблюдается примерно в интервале 600-800 °C. Анализ экспериментальных результатов по изменению скорости охлаждения от текущей температуры охлаждения показывает, что для определения скорости охлаждения можно пользоваться интервалом текущей температуры 600-400 °C. В этом интервале температур скорости охлаждения не меняются. В этом же интервале температур β -фаза обладает минимальной термической стабильностью. Поэтому величина v именно при температурах 600-400 °C будет определять характер распада высокотемпературной β -фазы. Скорость охлаждения по сечению заготовок меняется по параболическому закону не зависимо от размера заготовки и среды охлаждения.

В то же время значения v во многом зависят от размера заготовки. Даже на одинаковом расстоянии от поверхности v зависит от общей толщины заготовки. Так при охлаждении в воде плиты толщиной 65 мм скорость охлаждения на глубине 12 мм составляет 4,5 К/с, а в плите толщиной 120 мм на такой же глубине — 2,5 К/с. Уменьшение охлаждающей способности среды вызывает не только снижение значений v , но и сглаживает изменение v по сечению заготовок. Так, если в плите толщиной 120 мм, охлаждаемой в воде, скорость охлаждения меняется в пределах 6-0,75 К/с, то при охлаждении на воздухе — от 0,3 до 0,18 К/с.

Охлаждение на воздухе снижает скорости охлаждения и уменьшает разброс v по сечению, по сравнению с водой. Причем v поверхности снижается в большей степени, чем сердцевины. Поэтому пределы изменения v по сечению плит при уменьшении охлаждающей способности среды снижаются. Так, для плиты толщиной 120 мм, охлаждаемой на воздухе, v изменяется в пределах от 0,3 до 0,2 К/с. А при охлаждении с печью разброс v по сечению заготовок вообще отсутствует. Таким образом, при ускоренном охлаждении плит из титановых сплавов от высоких температур наблюдается значительная неоднородность температурных полей по их сечению. Неравномерность распределения температурного поля будет приводить к появлению значительного перепада температур по сечению заготовок и возникновению термических напряжений.

В процессе охлаждения полуфабрикатов из титановых сплавов может возникать довольно значительный по величине перепад температур между поверхностью и сердцевиной, а, следовательно, и высокий уровень термических напряжений. В том случае, если термические напряжения превысят предел текучести сплава, произойдет пластическая деформация, которая может вызвать поводки и коробления, и, возможно, появление микротрещин. Анализ температурных полей, возникающих в исследуемых заготовках в процессе охлаждения, показывает, что перепад температур между отдельными зонами может достигать большой величины и вызывать значительные термические временные макронапряжения.

Таким образом, в процессе охлаждения крупногабаритных полуфабрикатов и изделий из титановых сплавов в них могут возникать высокие макронапряжения.

Установлено, что охлаждение на воздухе плит толщиной 65 и 80 мм с температуры 830 °C и последующее старение при 625 °C в течение 6 часов приводит к формированию достаточно однородной структуры, обеспечивающей по сечению прочность выше 1100 МПа при пластичности более 8%.

Такая обработка может быть рекомендована для предварительной обработки крупногабаритных полуфабрикатов, например, поковок, для получения более однородной структуры по сечению и улучшения обрабатываемости резанием.

Исследование вклада интерметаллидных фаз в прочностные и упругие свойства Al-Cu-Li сплавов

Прокопенко Д.А.

Научный руководитель — к.т.н. Гордеева М.И.

МАИ, Москва

Сплавы системы Al-Cu-Li обладают высокими показателями удельной прочности и жесткости и могут заменить традиционные алюминиевые сплавы в авиации. Это связано с тем, что сплавы только этой системы в перспективе могут значительно снизить вес конструкций планера. Следует отметить, что применение алюминиево-литиевых сплавов в авиационной промышленности ограничено из-за их высокой анизотропии свойств, фазовой нестабильности и образования высоких остаточных напряжений при сварке и затвердевании слитков. Однако низкая плотность этих сплавов обусловила необходимость разработки сплавов второго поколения. Целью этих разработок было получение сплавов, которые были бы на 8-10% легче и тверже обычных алюминиевых сплавов за счет добавления около 2 весовых процентов лития. Но это приводит к таким недостаткам, как формирование сильной анизотропии механических свойств, низкая пластичность и вязкость разрушения в поперечном направлении. Ударная вязкость снижается из-за термической нестабильности. В сплавах третьего поколения содержание лития составляет от 1 до 1,5%, плотность увеличилась незначительно, а повышенное содержание меди увеличивает количество фазы T1. Это приводит к повышению жесткости и сопротивления изгибу, а также удельной прочности. Для нижней обшивки крыла, лонжеронов, ребер и фюзеляжа важную роль играет удельная жесткость (E/ρ), а для верхней обшивки крыла и фюзеляжа — удельное сопротивление изгибу ($EI/3\rho$).

Высокие упругие свойства играют важную роль для многих компонентов каркасов самолетов, что характерно для сплавов системы Al-Li. Эти свойства во многом определяются многочисленными интерметаллическими соединениями, в основном фазами T1 (Al₂CuLi) и δ' (Al₃Li). Однако пока неизвестно, какой вклад вносит каждая из этих фаз в уникальный высокий модуль упругости литиевых сплавов.

В работе предложен подход оценивания количественного вклада каждой интерметаллической фазы и твердого раствора в прочностные и упругие свойства для сплавов с различным соотношением интерметаллических соединений (соотношение Cu/Li), основываясь на экспериментальных измерениях соответствующих параметров.

На примере пластин из сплавов системы Al-Cu-Li 1441, B-1461 и B1469, предоставленных ОАО «КУМЗ» (получены прокаткой с последующей закалкой холодным водным охлаждением, правкой и одно-, двух- и трехступенчатой обработкой искусственным старением) были оценены упругие свойства основных интерметаллических фаз сплавов Al-Cu-Li, Al₂CuLi (фаза T1) и Al₃Li (δ' -фаза).

Модуль Юнга принимает максимальные значения в направлении, перпендикулярном прокатке, а минимальные в направлении под углом 45° к направлению прокатки. Это соответствует упругому анизотропному характеру алюминия. С помощью разработанного метода фазового анализа были определены количественные пропорции фаз δ' (Al₃Li) и T1 (Al₂CuLi) и впервые оценены значения их модулей упругости. Полученные результаты свидетельствуют о том, что модуль Юнга, усредненный по трем направлениям (направление прокатки, поперечное направление и угол 45°), пропорционален содержанию интерметаллического соединения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 22-19-00330).

Влияние водорода на деформацию сплава на основе Ti₂AlNb при шаровом размоле

Рябов А.А., Румянцев К., Смирнов П.А.

Научный руководитель — к.т.н. Пожого О.З.

МАИ, Москва

Интерметаллидные титановые сплавы на основе соединения Ti₂AlNb, предназначенные для работы при температурах выше 550 °С, являются перспективными материалами аэрокосмической промышленности, превосходящими титановые сплавы по уровню жаропрочности и составляющими конкуренцию сталям и никелевым сплавам по значениям, удельных характеристик [1]. Известно, что технология производства металлических изделий методами порошковой металлургии позволяет экономить сырьё, а также добиться большей однородности химического состава, микроструктуры и плотности по сечению. Одним из наиболее выгодных вариантов получения порошков в металлургии титановых сплавов является метод гидрирования–дегидрирования. Порошки, полученные с помощью данного метода, демонстрируют хорошую компактируемость и спекаемость [2]. Целью работы является определение влияния концентрации водорода в сплаве на основе соединения Ti₂AlNb на процесс разрушения образцов — размола в шаровой мельнице.

Материалом для исследования служил слиток из сплава ВТИ-4 на основе интерметаллида Ti₂AlNb следующего химического состава: Ti – 12,0Al – 41,2Nb – 0,89Mo – 0,83V – 1,27Zr – 0,13Si, мас. %. В исходном состоянии фазовый состав материала представлен β и О фазами. Из слитка методом экстракции висящей капли расплава было получено быстрозакалённое волокно, имеющее однофазный В2 состав, которое подвергли гидрированию до концентраций водорода 0,2 – 2,0 % (здесь и далее мас. %) по схеме: нагрев в вакууме до температуры 800 °С, затем выдержка в среде молекулярного водорода в течение 10 минут для равномерного распределения водорода по сечению волокна и охлаждение до комнатной температуры [3]. Концентрацию введённого водорода определяли по изменению массы волокна при взвешивании на аналитических весах. Размол гидрированного волокна производили в течение 5 – 20 минут в планетарной шаровой мельнице со скоростью 100 об/мин. Фазовый состав волокон определялся с помощью рентгеноструктурного фазового анализа. Микроструктура и изломы волокна, а также измельченный порошок изучали с помощью полевого эмиссионного сканирующего электронного микроскопа, проведены измерения микротвёрдости.

Исследование микроструктуры волокна показало, что при введении водорода в количестве до 1,0% структура сплава является двухфазной β+О, при этом параметр решетки β-фазы увеличивается с 0,326 нм для исходного волокна до 0,335 нм при 1,0% водорода. Микротвёрдость волокна повышается с 312,5 HV0,05 при 0,2% Н до 435 HV0,05 при 1,0%Н. При повышении концентрации водорода до 1,2% структура сплава представлена однофазным β-твёрдым раствором, содержащим большое количество водорода — β-гидридная фаза. При этом микротвёрдость увеличивается до 480 HV0,05. В сплаве с 1,4–1,7% водорода помимо β-гидридной фазы обнаружена новая фаза, которую можно идентифицировать как гидрид орторомбического интерметаллида Ti₂AlNbH_x. В структуре наблюдается большое количество пластин гидридной фазы. При появлении гидридной фазы происходит резкое увеличение микротвёрдости волокна до 700 HV0,05. Дальнейшее увеличение количества водорода до 2,0% приводит к формированию однофазного состояния, представленного гидридной фазой Ti₂AlNbH_x.

Установлено, что измельчение волокон, содержащих 0,2% и 0,5% водорода, не приводит к получению порошка из-за отсутствия хрупкой гидридной фазы в структуре сплава и высокой пластичности, обусловленной наличием двухфазной β + О структуры и снятием внутренних напряжений в процессе отжига при гидрировании. При измельчении волокон с содержанием водорода 0,65% была получена порошкообразная смесь крупных частиц размером более 100 мкм и отдельных фрагментов волокна. При повышении концентрации водорода в волокне до 1,0% наблюдается резкое уменьшение размеров частиц получаемого порошка (менее 70 мкм после 20 мин. размола) вследствие увеличения количества частиц интерметаллидной О-фазы

и увеличения напряжений в решетке водородсодержащей β -фазы. Степень измельчения порошка возрастает при увеличении концентрации водорода до 1,2% в связи с переходом двухфазной структуры в пересыщенную водородом β -гидридную фазу, обладающую большей хрупкостью. При этом на степень измельчения частиц существенное влияние оказывает длительность помола. Так, после 5ти минутного помола все еще присутствуют отдельные крупные частицы и различимы фрагменты волокна, а после 20 минут порошковая смесь представлена в основном частицами размером менее 50 мкм и отдельными мелкими частицами с размером менее 30 мкм. Рост концентрации водорода до 1,5% и выше приводит к увеличению хрупкости волокна в связи с наличием в сплаве гидридной фазы, что способствует эффективному размолу и получению тонкодисперсного порошка с размером частиц 1–30 мкм. Увеличение продолжительности помола и рост концентрации водорода до 2,0% не оказывает существенного влияния на размер получаемых частиц порошка.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 19-79-00327.

Список используемых источников:

1. J. Kumpfert, Intermetallic alloys based on orthorhombic titanium aluminide, Adv. Eng. Mater. 3 (11) (2001) 851–864
2. Barbis D.P., Gasior R.M., Walker G.P., Capone J.A., Schaeffer T.S. // Titanium Powder Metallurgy: Science, Technology and Applications, (2015), pp. 101–116.
3. K.S. Senkevich, O.Z. Umarova, M.M. Serov, Obtainment of fibers and porous materials from Ti2AlNb-based alloy, Mater. Lett. 203 (2017) 85–88.

Влияние термоводородной обработки на структуру и механические свойства литого титанового сплава BT20Л

Синегаева В.Е., Гусева А.Д., Зверева К.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Мамонов А.М.

МАИ, Москва

Фасонное литье титановых сплавов является одним из наиболее экономичных способов производства заготовок деталей различного назначения. Оно повышает коэффициент использования металла и снижает объем дорогостоящей механической обработки. Однако наличие литой структуры приводит к сравнительно низким показателям прочностных, особенно усталостных свойств. Это характерно для литых α - и псевдо- α -сплавов, которые являются термически неупрочняемыми.

Сплав BT20Л относится к псевдо- α -классу. В литом состоянии он имеет крупнозернистую структуру с грубопластинчатым внутризерненным строением α -фазы. Методы традиционной термической обработки не позволяют изменить данную структуру с целью повышения механических свойств.

Одним из эффективных методов преобразования литой структуры сплавов этого класса является термоводородная обработка, представляющая собой сочетание обратимого легирования водородом с термическим воздействием [1].

Цель работы состоит в установлении закономерностей формирования фазового состава, структуры и изменения твердости в литом титановом сплаве BT20Л при термоводородной обработке.

Исследования проводили на литых образцах диаметром 10 мм и длиной 60 мм, полученных методом центробежного литья. Химический состав сплава исследовали спектральным методом с использованием автоматического анализатора OBLF QSN 750-II.

Насыщение водородом проводили в установке Сиверта до концентраций(c) 0,2; 0,5; 0,8% по массе.

Температурно-скоростной режим наводороживающего отжига и последующего вакуумного отжига выбирали с учетом литературных данных, в частности температурно-концентрационных диаграмм фазового состава сплава BT20. Образцы насыщали водородом(H) при температуре(t) 800°C, после завершения процесса поглощения образцы

выдерживались в течение(τ) 40 мин при равновесном давлении Н для завершения диффузионных процессов, и охлаждались со скоростью 3-5 К/с.

Для образцов с $c=0,2\%N$ проводили высокотемпературный вакуумный отжиг при $t=800^{\circ}C$, $\tau=0,5$ ч; $t=650^{\circ}C$, $\tau=3$ ч. На образцах с $c=0,5\%N$, $0,8\%N$ применялся низкотемпературный ступенчатый вакуумный отжиг при $t=700^{\circ}C$, $\tau=5$ мин; $t=650^{\circ}C$, $\tau=1$ ч; $t=600^{\circ}C$, $\tau=3$ ч.

Исследование микроструктуры производили с помощью стереомикроскопа «Olympus BX51M». Рентгеноструктурный фазовый анализ проводили на дифрактометре ДРОН-4-07. Твердость сплава испытывали на твердомере BUEHLER Macroмет 5100Т по методу Роквелла по шкале HRC, согласно ГОСТ 9013-59, при нагрузке 150 кгс.

Водород является эффективным β -стабилизатором: понижает температуру полиморфного превращения и увеличивает объемную долю β -фазы в сплаве. В результате наводороживающего отжига до $0,2\%N$ формируется $(\alpha+\beta)$ -структура с объемной долей β -фазы 35%. При введении в сплав $0,5\%N$ при температуре наводороживания сплав имеет однофазную β -структуру. При ускоренном охлаждении β -фаза претерпевает частичное мартенситное превращение. Структура сплава представлена β -фазой и мартенситом, объемная доля β -фазы составила 40%. При концентрации $0,8\%N$ мартенситному превращению при охлаждении подвергается незначительная часть β -фазы. При комнатной температуре фиксируется 90% β -фазы.

При концентрации $0,2\%N$ и высокотемпературном вакуумном отжиге формируется α -структура с пластинчатой α -фазой. При концентрации $0,5\%N$ и $0,8\%N$ низкотемпературный вакуумный отжиг приводит к получению равновесной $(\alpha+\beta)$ -структуры с мелкодисперсной α -фазой. При всех режимах вакуумного отжига в сплаве формируется равновесная $(\alpha+\beta)$ -структура с объемной долей β -фазы около 10% [2].

В исходном образце с концентрацией $0,015\%N$ без последующей термоводородной обработки твердость составляла 30,8HRC, при концентрации $0,2\%N$ — 31,4HRC, при концентрации $0,5\%N$ — 41,5HRC, при концентрации $0,8\%N$ — 41,3HRC. Результаты измерения твердости образцов показали, что формирование мелкодисперсной структуры α -фазы приводит к увеличению твердости сплава примерно на 30%. Образование вторичной мелкодисперсной α -фазы в сплаве с исходным содержанием $0,2\%N$ также приводит к повышению твердости, по сравнению с литым состоянием, но в меньшей степени. Повышение твердости сплава в результате термоводородной обработки, а также полученная преобразованная структура, предполагает повышение прочностных характеристик сплава и его сопротивления усталости, что также подтверждается литературными данными.

Выводы:

1. При концентрации введенного водорода $0,2\%$ фазовый состав представлен $(\alpha+\beta)$ фазами, при $0,5$ и $0,8\%N$ фазовый состав представлен β -фазой и мартенситом.
2. Показано, что при отжиге по предложенным режимам происходит распад, стабилизированной водородом β -фазы в сплавах с содержанием водорода $0,5$ и $0,8\%$. Вследствие большого объемного эффекта $\beta \rightarrow \alpha$ превращения, низких температур вакуумного отжига в сплаве формируется структура с мелкодисперсной α -фазой.
3. Формирование мелкодисперсной структуры приводит к увеличению твердости сплава примерно на 30% по сравнению с исходным литым состоянием. Повышение твердости позволяет прогнозировать увеличение прочностных характеристик сплава, в том числе усталостной прочности.

Список используемых источников:

1. Ильин А.А., Мамонов А.М., Коллеров М.Ю. Термоводородная обработка — новый вид обработки титановых сплавов // Перспективные материалы. 1997. — №1. С. 5–14.
2. Ильин А.А. Механизмы и кинетика фазовых и структурных превращений в титановых сплавах // М.: Наука, 1994. — 304 с.

Влияние температуры отпуска на структуру и механические свойства азотосодержащей мартенситно-аустенитной стали 22Х16АНЗМД

Смирнов А.А., Уткина Д.Ю., Клименков А.Д.

Научный руководитель — к.т.н. Лукин Е.И.

МАИ, Москва

Надежность работы в условиях статических, динамических и циклических нагрузок и коррозионной среды существенно зависит от уровня прочности и механических свойств сталей. Широко применяющиеся углеродосодержащие стали исчерпали резервы повышения уровня механических свойств. Данную проблему можно решить дополнительным легированием таких сталей азотом. Азот, как легирующий элемент повышает прочностные свойства стали, участвуя в деформационном, твердорастворном и дисперсионном упрочнении [1]. В связи с этим широкие возможности применения в разных областях техники открываются у азотосодержащих коррозионностойких мартенситно-аустенитных сталей [2].

Режимы термической обработки — температура отпуска может оказывать существенное влияние на структуру и механические свойства таких сталей.

Цель работы — изучение влияния температуры отпуска на структуру и механические свойства от новой азотосодержащей мартенситно-аустенитной стали 22Х16АНЗМД.

Объект исследования — азотосодержащая коррозионностойкая мартенситно-аустенитная сталь 22Х16АНЗМД; выплавленные в индукционной печи слитки стали, ковали на заготовки $\varnothing$ 15 мм в интервале температуры $1150 \div 900^\circ\text{C}$, с последующим охлаждением в воде. Кованые заготовки были подвержены закалке от 1000°C с охлаждением в воде.

Испытания на растяжение проводились на машине Instron-3382 в соответствии с ГОСТ 1497-84. Твердость образцов измеряли по Роквеллу при нагрузке 150 кгс (шкала С) по ГОСТ 9013-59 на твердоме Wilson 3JR. Микроструктуру изучали с помощью микроскопа Olympus GX-50. Количественный фазовый анализ осуществляли по отношению интенсивности рефлексов γ - и α -фаз на дифрактометре ДРОН-4. Испытания на ударную вязкость образцов с U-образным надрезом проведены по ГОСТ 9454-78 на копре А-РКР-450. Электронномикроскопические исследования проведены на фольгах с помощью ПЭМ фирмы Jeol при напряжении 160 кВ.

С увеличением температуры отпуска от 200 до 450°C (с выдержкой 2 часа, охлаждением на воздухе) твердость стали непрерывно растет, достигая максимума при 450°C . Это обусловлено образованием дисперсных частиц карбонитридов хрома. Объемное содержание α -фазы при этом увеличивается (от 70 до 85%), параметр решетки мартенсита a_α снижается. Нагрев выше 450°C приводит к укрупнению и коагуляции частиц карбонитридов, что приводит к снижению механических свойств исследуемой стали.

Лучшее сочетание прочности, пластичности и ударной вязкости у стали 22Х16АНЗМД достигается после отпуска 450°C — 2 ч, воздух (52 HRC, $\sigma_B = 1800$ МПа, $\sigma_{0,2} = 1450$ МПа, $\delta = 13\%$, KCU = 0,4 МДж/м²). Структура стали при указанном режиме отпуска представляет собой пакетный мартенсит с тонкими прослойками остаточного аустенита и равномерно распределенных дисперсных (100–150 нм) частиц карбонитридов хрома.

Вывод:

1. Закаленная от температуры 1000°C азотосодержащая сталь 22Х16АНЗМД обладает лучшим сочетанием механических свойств после отпуска при 450°C , благодаря формированию структуры пакетного мартенсита с тонкими прослойками остаточного аустенита и равномерно распределенных дисперсных (100–150 нм) частиц карбонитридов хрома.

Список используемых источников:

1. Рашев Ц.В. Высокоазотистые стали / Ц.В. Рашев, А.В. Елисеев, Л.Ц. Жекова, П.В. Богев // Известия в высших учебных заведениях. Черная металлургия. — 2019. — Т. 62. — №62. — С. 503–510.

2. Банных О. А. Исследование структуры и механических свойств высокопрочных конструкционных сталей / О. А. Банных, А. М. Сорокин, И. О. Банных, Е. И. Лукин // Электromеталлургия. — 2018. — № 2. — С. 2–7.

Влияние параметров легирования водородом на его кинетику и фазовый состав титановых сплавов

Смирнов П.А., Журбенко А.С., Бессемянников В.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шалин А.В.

МАИ, Москва

Важным этапом термоводородной обработки является наводороживающий отжиг, который считается одним из наилучших способов преобразования структуры титановых сплавов [1, 2] за счет достаточно высокого коэффициента диффузии по сравнению с основными легирующими элементами, такими как алюминий и ванадий, так при температуре 800 °С коэффициент диффузии водорода $D_0 = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2/\text{с}$ [1]. Исходя из этого, изменяя кинетические параметры наводороживающего отжига, можно регулировать полноту и глубину протекания $\alpha \rightarrow \beta$ -превращения в $(\alpha + \beta)$ -титановых сплавах.

Поэтому целью данной работы являлось определение влияния параметров легирования водородом на его кинетику и фазовый состав двух высокопрочных титановых сплавов ВТ23 и ВТ22.

Исследование проводилось на образцах, вырезанных из горячекатаных плит толщиной 14 мм из высокопрочных титановых сплавов ВТ23 и ВТ22, полученных по промышленной технологии.

Во время проведения наводороживающего отжига строились кинетические кривые насыщения водородом образцов из титановых сплавов ВТ23 и ВТ22 в интервале концентраций от 0,1% до 0,6% (мас.) соответственно. Анализ результатов показал, что водород проникает в сплавы с различной скоростью, что обусловлено разными коэффициентами диффузии сплавов ВТ23 ($5,0 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$) и ВТ22 ($10,0 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$). Так, наводороживание до концентрации 0,2% (мас.) заняло 600 с и 40 с, и до концентрации 0,4% (мас.) 1200 с и 380 с для сплавов ВТ23 и ВТ22 соответственно.

Далее был проведен анализ микроструктуры сплавов после наводороживающего отжига, который продемонстрировал, что для полного завершения $\alpha \rightarrow \beta$ -превращения в сплавах ВТ23 и ВТ22 в процессе объемного наводороживающего отжига необходимо введение не менее 0,4% и 0,2% (мас.) водорода соответственно.

Также при однонаправленном поверхностном наводороживании создание градиента концентраций водорода по сечению образцов приводит к различной степени завершенности $\alpha \rightarrow \beta$ -превращения и формированию однонаправленно изменяющейся структуры от $(\alpha'' + \beta)$ -или β -структуры со стороны «входа» водорода до $(\alpha + \beta)$ -структуры с противоположной стороны. Причём, для полного завершения $\alpha \rightarrow \beta$ -превращения в поверхностном слое образцов из сплавов ВТ23 и ВТ22 в процессе однонаправленного наводороживающего отжига можно вводить в 2 раза меньшую концентрацию водорода, чем при объемном наводороживании.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79—10264, <https://rscf.ru/project/22-79-10264/>.

Исследование проведено с использованием оборудования ресурсного центра коллективного пользования «Авиационно-космические материалы и технологии» МАИ

Список используемых источников:

1. Водородная технология титановых сплавов / Ильин А.А., Колачев Б.А., Носов В.К., Мамонов А.М. — М.: МИСиС, 2002. — 392 с.
2. Сковрцова С.В., Шалин А.В., Гвоздева О.Н., Степушин А.С., Гуртовая Г.В. Формирование пластинчатой структуры в $(\alpha + \beta)$ -титановых сплавах // Деформация и разрушение материалов. 2023. № 7. С. 29–35.

Работоспособность актуаторов с рабочим элементом и элементом смещения из никелида титана для систем управления авиационной техникой

Снегирёв А.О., Алсаева О.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Коллеров М.Ю.
МАИ, Москва

В системах управления авиационной техники в настоящее время уже эффективно применяются термомеханические актуаторы для шумоподавления, изменения геометрии крыла, автоматической терморегуляции из материала с эффектом памяти формы (ЭПФ).

Термомеханический актуатор — это устройство, преобразующие тепловую энергию в механическую. Он состоит из рабочего элемента, которым является материал с ЭПФ, и элемента смещения, представляющее собой упругий элемент из конструкционного материала. Эффективность актуатора зависит от исходной деформации, жесткости этих элементов и температур восстановления формы материала с ЭПФ. Поскольку, величины перемещений рабочего элемента и элемента смещения должны быть одинаковы, а восстанавливаемая деформация материала с ЭПФ на порядок превышает упругую деформацию конструкционных сплавов, это вынуждает увеличивать массогабаритные показатели элемента смещения. Использование полимерных материалов с большой упругой деформацией затруднено из-за ограничений условий эксплуатации. Эту проблему можно решить если применять актуатор в котором оба элемента сделаны из материала с ЭПФ.

В качестве объекта исследований использовалась проволока диаметром 1,2 мм из сплава на основе никелида титана с составом Ti-55,8 % по массе Ni. Из данной проволоки были изготовлены элементы актуатора в виде цилиндрических пружин. Пружины были отожжены в вакууме при 700 °С в течение 1 часа. В результате такой термической обработки температуры формоизменения ниже 0 °С и в условиях термоциклирования от 20 до 100 °С они проявляли сверхупругость (СУ). Другие элементы были дополнительно состарены при 470 °С. В результате их температуры начала и конца формоизменения составили 38 и 45 °С, соответственно.

Были использованы три схемы испытаний термомеханических актуаторов.

Первая схема (ЭПФ+ЭПФ) — включала два элемента в виде состаренных пружин, соединенные через промежуточную пластину, растянутые до исходной деформации и работающие последовательно при переменном нагреве и охлаждении (термоциклирование) от 20 до 100 °С. Обратимая деформация ($\epsilon_{об}$) составляет 4%, а удельная работа (A_y) равняется 3 МДж/м³

Вторая схема (ЭПФ+СУ) — где также используется рабочий элемент с ЭПФ, но второй элемент, являющийся контртелом, находится в сверхупругом состоянии. В данном случае $\epsilon_{об} = 2\%$, а $A_y = 5$ МДж/м³.

В третьей схеме — использовалась одна пружина, но обладающая градиентом температур восстановления формы по своей длине, который создавался локальной термической обработкой. В результате этого в интервале температур термоциклирования одна треть длины пружины реализовывала ЭПФ, а две трети — СУ. В этом случае $\epsilon_{об} = 4\%$, $A_y = 4$ МДж/м³.

Первая схема эффективна, когда требуются большие обратимые деформации, например, в системах управления, где необходима большая обратимая деформация. Вторая схема подходит для силовых приводов из-за большой удельной работы. Третья схема имеет промежуточные характеристики между первой и второй схемой, и подойдет для минимизации объема актуатора.

Исследования выполнены в рамках базовой части государственного задания вузам № FSFF-2023–0004 с использованием оборудования ресурсного центра коллективного пользования «Авиационно — космические материалы и технологии» МАИ.

Формирование градиентного структурного состояния в образцах из сплава ВТ6 методами индукционной закалки

Тевс М.Д., Заиров А.В.

Научный руководитель — профессор, к.т.н. Мамонов А.М.
МАИ, Москва

Коленный сустав является вторым по частоте замены. Во время своей эксплуатации он подвергается большим циклическим нагрузкам, потому материалы, используемые в данном протезе, должны соответствовать требованиям по прочности, пластичности, ударной вязкости и биосовместимости. В основном в коленной паре трения используют сплав Co-Cr-Mo из-за его высокой твердости и износостойкости.

Существующие титан-полимерные системы пары трения также привлекают к себе внимание из-за высокой коррозионной стойкости и их биосовместимости. Использование титанового сплава в коленном суставе позволяет значительно снизить вес протеза, что уменьшает время для адаптации организма.

Целью данной работы было рассмотрение одного из вариантов повышения износостойкости титанового сплава, для увеличения времени эксплуатации пары трения. При помощи индукционной закалки с последующим старением изучали возможность формирования градиентной структуры в массивных образцах из сплава ВТ6 ($\varnothing$ 40 мм высота 45 мм).

На первом этапе исследования рассматривали влияние анодного напряжения (от 5 до 7,5 кВ) и силы тока (от 2 до 6,5 А) на аноде на глубину закаленного слоя от 2 до 10 секунд (от максимальных значений тока к минимальным).

На втором этапе рассматривались постоянные значения напряжения 5,6 кВ и силы тока анода 6,5 А, время выдержки составляло 7-14 секунд. Образцы находились в зоне действия индукционной спирали. Охлаждение заготовок проходило в воде.

В исходном состоянии структура образцов была представлена первичной α l-фазой в β -матрице (твердость составляла около 35 ед. HRC).

После первого этапа проведения индукционной закалки произошли незначительные изменения структуры, что свидетельствовало о недостаточном нагреве. Твердость так же продолжала сохраняться в пределах 35 ед. HRC. Индукционная закалка, проводимая при силе тока 6,5 А с напряжением 5,6 кВ в течении 10 секунд, дала значительное повышение твердости (около 42 ед. HRC).

На втором этапе исследований, при сохранении силы тока и напряжения, но выдержке от 7 до 14 секунд, металлографические исследования показали, что происходит $\alpha \rightarrow \beta$ -превращение различной степени. Рентгеноструктурный анализ показал, что в поверхностном слое образцов присутствует только мартенсит α' , в центре — пластинчатая первичная α l-фаза в β -матрице.

Длительность выдержки влияла на глубину закаленного слоя: 7–10 секунд до 3 мм, 14 секунд до 5 мм. Твердость в центре образцов оказалась на прежнем уровне, в то время как поверхностный слой около 39 ед. HRC.

Дальнейшее старение при температуре 550°C в течение 5 часов незначительно повысило твердость на 0,5–1 единицу. Старение при 650°C в течение 5 часов привело к снижению твердости в центре и в поверхностном слое образцов.

По проведённому исследованию можно сказать, что индукционная закалка с последующим старением позволяет создать градиентную структуру в образцах сплава ВТ6, с уровнем твердости около 39 ед. HRC. Глубина закаленного слоя варьируется от времени выдержки. Чтобы достичь большей твердости предпочтительно проводить старение при температуре не выше 550°C.

Список используемых источников:

1. Нейман А.В., Быченко О.А., Нейман А.П., Агаркова Е.О. Влияние индукционной закалки на фазовый состав, структуру и твердость титанового сплава ВТ6 // Титан. 2023. № 2. С. 31–36.

2. Мамонов А.М., Нейман А.П., Агаркова Е.О., Митропольская Н.Г. Обоснование технологических параметров механической обработки шаровых головок эндопротезов из титанового сплава Ti-6Al-4V // Титан. 2011. № 4. С. 45–49.

3. Мамонов А.М., Нейман А.П., Гаврюшенко Н.С., Агаркова Е.О. Теоретический и экспериментальный анализ стандартизованных методов и результатов технических испытаний пар трения эндопротезов из титанового сплава. Титан. 2012. № 2. С. 24–28.

4. D. Dowson, V. Wright. Introduction to the biomechanics of joints and joint replacement // Mechanical engineering publications LTD, London, 1981, p.254.

Влияние горячей прокатки на структуру и свойства коррозионностойкой азотосодержащей мартенситно-аустенитной стали

Уткина Д.Ю., Смирнов П.А., Клименков А.Д.

Научный руководитель — к.т.н. Лукин Е.И.

МАИ, Москва

Уровень прочности и технологичности коррозионностойких сталей применяемых для изготовления высоконагруженных деталей и конструкций, определяет их надежность и долговечность [1]. На формирование структуры и свойств мартенситно-аустенитных коррозионностойких сталей могут оказывать влияние режимы деформационной обработки [1, 2].

Целью данной работы было изучение влияния температуры горячей пластической деформации (прокатки) на структуру и механические свойства новой коррозионностойкой азотосодержащей стали переходного класса 22X16АНЗМД.

Перед прокаткой заготовки закаливали при 1050°C — 30 мин. с последующим охлаждением в воде. Клиновидные образцы прокатывали со степенями обжатия от 10 до 80% в интервале температур 850–1100°C. Испытания на растяжение проводили в соответствии с ГОСТ1497-84 на испытательной машине Instron-3382. Твердость образцов измеряли методом Роквелла при нагрузке 150 кгс (шкала С) (ГОСТ 9013-59) на твердомере Wilson 3JR. Микроструктуру травленных шлифов изучали с помощью светового микроскопа Olympus GX-50. Количественный фазовый анализ осуществляли по отношению интенсивности рефлексов γ - и α -фаз на дифрактометре Shimadzu XRD 6000.

Прокатка стали в интервале температур от 850 до 1100°C с обжатием от 10 до 80% не приводила к разрушению заготовок. Заготовки деформировались без образования трещин и расслоений на поверхности и в объеме, равномерно вдоль и поперек направления прокатки.

При повышении температуры начала прокатки от 850°C до 1100°C твердость исследуемой стали снизилась от 45 до 28 HRC.

Рентгеноструктурные исследования горячекатаных образцов стали 22X16АНЗМД показали, что с увеличением температуры прокатки происходит увеличение содержания аустенита, которое обусловлено растворением карбонитридов хрома, и переходом азота и углерода в α - и γ -твердый раствор. Результаты исследования процессов накопления дефектов кристаллической решетки в α - и γ -фазах (на основе измерения интегральной ширины дифракционных линий) позволили выявить механизм формирования высокопрочного состояния в широком интервале условий горячей прокатки. С увеличением температуры пластической деформации от 850–950°C до 950–1000°C большее количество дефектов наблюдается в мартенсите, при увеличении температуры — от 950–1000°C до 1050–1100°C большее количество дефектов наблюдается в аустените. При всех условиях деформации заметной текстуры не образуется.

Механические свойства горячекатаных образцов со степенью обжатия 30% также меняются с повышением температуры прокатки: снижается твердость и прочность стали, однако возрастает пластичность. Это связано с уменьшением количества мартенсита, снижением дефектности аустенита и мартенсита, а так же с увеличением среднего размера зерна аустенита с повышением температуры прокатки.

Оптимальное сочетание высоких значений прочности ($\sigma_B = 1685$ МПа, $\sigma_{0,2} = 605$ МПа) при сохранении достаточной для практического использования пластичности ($\delta = 26,0$ %, $\psi = 29$ %) достигается после прокатки с обжатием 30% в интервале температур 1000–900°C.

Выводы:

1. Сталь 22Х16АНЗМД обладает высокой технологической пластичностью при горячей пластической деформации (прокатке).

2. С повышением температуры прокатки снижается твердость и прочность стали, однако возрастает пластичность, что связано с уменьшением количества мартенсита, снижением дефектности аустенита и мартенсита, а так же с увеличением среднего размера зерна аустенита.

3. Оптимальное сочетание высоких значений прочности ($\sigma_B = 1685$ МПа, $\sigma_{0,2} = 605$ МПа) при сохранении достаточной для практического использования пластичности ($\delta = 26,0$ %, $\psi = 29$ %) у стали 22Х16АНЗМД достигается после прокатки в интервале температур 1000–900°C с обжатием 30%.

Список используемых источников:

1. Братухин А.Г. Технологическое обеспечение высокого качества, надежности, ресурса авиационных техники. М. Машиностроение, Т.1,1996, 524 стр.

2. О.А. Банных, С.Я. Бецофен, Е.И. Лукин, В.М. Блинов, Н.М. Вознесенская, О.А. Тоньшева, Е.В. Блинов. Исследование влияния горячей прокатки на структуру и механические свойства азотсодержащей аустенитно-мартенситной стали 14Х15АН4М // Деформация и разрушение материалов, 2015, №1, с. 32–36.

Особенности ЖНС и влияние термической обработки при ротационной (инерционной) сварке трением в авиадвигателестроении

Фозилов Т.Т., Миниахметов А.А., Воробьев Д.С.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Рабинский Л.Н.

МАИ, Москва

На сегодняшний день широкое применение в авиадвигателестроении нашли жаропрочные гранулируемые никелевые сплавы. В виду сложного легированного химического состава этих сплавов, ключевую роль при достижении требуемых эксплуатационных свойств играет термическая обработка [1].

Сплавы такие, как ВВ751П, ЭП741НП, ВЖ178П отличаются тем, что их практически невозможно обрабатывать традиционными методами с плавлением из-за их склонности к образованию трещин. В виду этого также становится вопрос о создании неразъемного сварного соединения, так, как даже при электронно-лучевой сварке в вакуумной камере риск возникновения горячих трещин не уменьшается. Также отмечается наличие высокого уровня остаточных напряжений, как объемных, так и поверхностных.

Решением служит достаточно хорошо отработанная технология ротационной (инерционной) сварки трением. Данный вид сварки осуществляется в твердой фазе за счет тепла и энергии, возникающих в результате трения двух конструктивных элементов друг об друга. Получаемые сварные соединения достигают 0,8–0,9 прочности основного материала, а с последующей термической обработкой есть перспектива создания равнопрочности сварного шва и материала основы.

Термообработка положительно влияет на микроструктуру как в общем, так и непосредственно зоны сварного соединения и, как следствие, на механические свойства. Существуют различные комбинации этапов ТО, которые также влияют на структуру и свойства. Уровень остаточных напряжений и деформаций снижается, как объемных, так и поверхностных.

Работа выполнена с финансовой поддержкой гранта Президента Российской Федерации МК-398.2022.4.

Список используемых источников:

1. М.Л. Саморукот Ротационная сварка трением литых и деформируемых полуфабрикатов жаропрочного никелевого сплава ВЖ159 / А.В. Свиридов, Л.И. Рассохина, О.Н. Битюцкая // Труды ВИАМ №1 (85) 2020. с. 15–23.

Износостойкость разработанных в ИМЕТ РАН азотосодержащих аустенитных сталей при высокой скорости скольжения в криогенной среде

Черненко Д.В., Мелешенко П.М., Черненко Т.В.

Научный руководитель — д.т.н. Блинов Е.В.

ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН, Москва

В авиационной и космической технике в качестве элементов конструкций, работающих в условиях сухого трения скольжения, используют аустенитные коррозионностойкие стали AISI 304 и 316. Однако обширные исследования показали, что легирование азотом может привести к большему увеличению прочности и износостойкости без потери ударной вязкости аустенитных сталей по сравнению с легированием углеродом [1, 2]. В ИМЕТ РАН были разработаны и промышленно опробованы аустенитные коррозионностойкие стали 02X20AG10H4MФ и 05X22AG15H8MФ с содержанием азота 0,53–0,74%. Показано, что данные стали обладают лучшим комплексом механических свойств. Однако в настоящее время отсутствуют данные об износостойкости таких сталей в криогенных условиях при высоких скоростях скольжения (> 10 м/с).

Таким образом, целью работы является исследование износостойкости коррозионностойких азотосодержащих аустенитных сталей 02X20AG10H4MФ и 05X22AG15H8MФ при нагрузках 10 и 20 Н, скорости вращения контртела 11,5 м/с, -196°C .

Объект исследования — аустенитные коррозионностойкие стали 02X20AG10H4MФ и 05X22AG15H8MФ с содержанием азота 0,55% после закалки от 1100°C в воду. Испытания на сухое трение скольжение проводились по схеме палец-диск на установке разработанной в ИМЕТ РАН при нагрузках 10 и 20 Н, скорости вращения контртела 11,5 м/с, -196°C . Износостойкость определяли по потере массы образцов. Микроструктурные исследования выполняли на оптическом микроскопе Olympus GX-51, сканирующем электронном микроскопе Jeol. Оценку фазового состава проводили на дифрактометре ДРОН-4. ДюрOMETРИЧЕСКИЙ анализ образцов проводили на твердомере Wolpert402MVD. Полученные результаты сравнивали с аустенитной сталью AISI316.

Азотосодержащие аустенитные коррозионностойкие стали 05X22AG15H8MФ, 02X20AG10H4MФ и сталь AISI316 до испытаний имели практически одинаковую микротвердость 250–270 HV. В процессе проведения испытаний было выяснено, что сталь 05X22AG15H8MФ обладает лучшей износостойкостью, чем 02X20AG10H4MФ и AISI316 при всех режимах проведения испытаний. Причем износостойкость азотосодержащей стали 02X20AG10H4MФ превосходит AISI 316 в 3 и 2 раза при нагрузках 10 и 20 Н соответственно.

Известно, что коррозионностойкая аустенитная сталь AISI 316 претерпевает мартенситное превращение при деформации при низкой температуре [3]. За счет снижения пластичности и высокой скорости скольжения мартенсит выкрашивается и абразивно воздействует на поверхность образца в зоне контакта. Этим обусловлено увеличение микротвердости стали после испытаний до 392 и 405HV при нагрузке 10 и 20 Н соответственно.

Азотосодержащая сталь 05X22AG15H9MФ остается стабильной при испытаниях на износ. Уширение линий (111) и (311) дифрактограмм обусловлено увеличением плотности дислокаций и деформационным упрочнением азотистого аустенита стали. Микротвердость после испытаний повышается до 417–425HV при 10 и 20 Н соответственно.

Таким образом, износостойкость азотосодержащих аустенитных сталей превосходит углеродсодержащие при высоких скоростях скольжения в криогенной среде. Азотосодержащие аустенитные стали не претерпевают фазового $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения во время испытаний на износ. Степень упрочнения азотистого аустенита выше чем у мартенсита стали AISI 316.

Азотосодержащие коррозионностойкие аустенитные стали могут быть использованы для ответственных элементов и узлов авиационной и космической техники, подвергающихся интенсивному износу в процессе эксплуатации.

Список используемых источников:

1. Блинов, Е. В. Развитие систем легирования высокоазотистых аустенитных сталей для тяжелонагруженных изделий криогенной техники: специальность 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Блинов Евгений Викторович, 2018. — 329 с.
2. Банных, И. О. Металловедческие основы создания multifunctional высокоазотистых сталей аустенитного класса: специальность 05.16.01 "Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов": диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Банных Игорь Олегович, 2021. — 255 с.
3. Банных, О.А. Стали для работы при низких температурах / О.А. Банных, Ю.К. Ковнеристый. — Москва: М., 1969. — 191 с.

Статистическое исследование длительной прочности титановых сплавов в зависимости от химического состава

Шевченко С.Р., Галкин В.А., Михонов В.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Егорова Ю.Б.

Московский Политех, Москва

На основе обобщения литературных данных проанализированы температурные зависимости 100-часовой длительной прочности прутков и листов из титановых сплавов разных классов после стандартного отжига. При проведении работы использовались материалы монографий, ГОСТов, стандартов, научных статей, справочников. Химический состав 29 сплавов выражали через эквиваленты по алюминию и молибдену — структурные и прочностные. Корреляционно-регрессионный анализ осуществляли с использованием ППП Statistica при доверительной вероятности 0,95. Для сопоставления сплавов была использована процедура «Сравнение регрессий».

На первом этапе были сопоставлены зависимости предела длительной прочности листов и прутков для различных титановых сплавов от температуры в диапазоне 200–650°C. При температурах до 400°C листы из исследованных сплавов можно представить в виде следующей последовательности по мере увеличения длительной прочности: VT1-0 → OT4-0, ПТ-7М → OT4-1 → BT5-1, AT3 → OT4 → BT6C → BT4 → 4201 → BT6 → BT23 → BT20. При температурах выше 400°C: AT3, BT5 → AT4 → BT6 → OT4-2 → BT20 → BT38. Наиболее высокой жаропрочностью обладают листы из высоколегированных псевдо α -сплавов BT20 и BT38. Для прутков длительная прочность при температурах ниже 400°C возрастает в следующим образом: OT4 → BT5-1 → BT6C → BT6 → BT20 → BT3-1 → BT9. Для сплава BT22 длительная прочность при 300°C выше, чем у сплава BT3-1, а при 400°C — наоборот ниже. При температурах 400–500°C: BT5-1 → BT3-1 → BT20 → BT8 → BT9 → BT18Y → BT25Y. При температурах 400–500°C наиболее жаропрочным является α + β -сплав BT25Y, но при более высоких температурах его превосходит псевдо α -сплав BT18Y.

На следующем этапе исследований были проанализированы зависимости предела длительной прочности при температурах 200–600°C от структурных и прочностных эквивалентов по алюминию и молибдену для α -, псевдо α - и α + β -титановых сплавов. Наблюдается значимая сильная корреляционная связь с эквивалентами по алюминию (коэффициенты корреляции 0,8–0,95). Увеличение на 1 % (по массе) суммарного содержания α -стабилизаторов и нейтральных упрочнителей (в перерасчете на структурный эквивалент по алюминию) вызывает увеличение предела длительной прочности в среднем на ~70–100 МПа, а в перерасчете на прочностной эквивалент — на ~60–70 МПа.

Аналитическое сравнение долговечности материалов разных пределов прочности с использованием скорректированной гипотезы суммирования повреждений

Шеляка М.И.
МАИ, Москва

Усталостное разрушение является одним из основных типов разрушения авиационных конструкций. Несмотря на огромную значимость экспериментальных методов исследования, аналитический анализ долговечности материалов необходим для моделирования различных нагрузок.

При некоторых комбинациях условий, влияющих на материал, сталь с меньшим пределом прочности оказывается более долговечной, чем сталь с большим пределом прочности. Применение правильно подобранных сталей с меньшим пределом прочности позволит не только повысить ресурс конструкции, но и будет выгоднее экономически. Целью исследования стала оценка долговечности болтового соединения аналитическими методами с учетом влияния технологии изготовления, случайного процесса нагружения, метода упрочнения и параметров окружающей среды для сталей с разными пределами прочности. Предметом исследования выступило болтовое соединение из стали 30ХГСА с пределами прочности $\sigma_B=1700$ и 700 МПа, концентратором напряжения которого стала выточка. Были учтены такие факторы, как анизотропия, упрочнение дробью. В качестве эксплуатационной среды выступила пресная вода. При построении блока нагружения, эквивалентного по нагружающему действию исходному случайному процессу, был использован метод учета максимального экстремума между двумя точками пересечения средней линии [1]. Для двух вариантов стали 30ХГСА (с пределами прочности $\sigma_B=1700$ и 700 МПа) были определены параметры усталостной кривой (точка перелома кривой, показатель наклона и предел усталости детали) [2]. На основании полученных данных при помощи скорректированной гипотезы суммирования повреждений был произведен сравнительный анализ долговечности болтовых соединений из стали с разными значениями предела прочности и построены функции распределения долговечности для этих двух случаев [3]. В результате сравнительного анализа было выявлено, что сталь с меньшим пределом прочности в заданных условиях оказалась более долговечной. Данный результат исследования можно объяснить существенным влиянием коррозии на стали с большим пределом прочности.

Список используемых источников:

1. ГОСТ 25.101-83. Расчеты и испытания на прочность. Методы схематизации случайных процессов нагружения элементов машин и конструкций и статистического представления результатов. — М.: Издательство стандартов, 1984 — 21 с.
2. ГОСТ 25.504-82. Расчеты и испытания на прочность. Методы расчета характеристик сопротивления усталости. — М.: Издательство стандартов, 1982 — 55 с.
3. Когаев, В.П., Махутов, Н.А., Гусенков, А.П. Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность: Справочник / В.П. Когаев, Н.А. Махутов, А.П. Гусенков. — М.: Машиностроение, 1985 — 224 с.

Исследование работоспособности актуатора с элементами из никелида титана в разном структурном состоянии

Шкобара И.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Коллеров М.Ю.
МАИ, Москва

Цель исследования изучить термомеханическое поведение актуатора с пружинными элементами из сплавов на основе никелида титана, проявляющими эффект памяти формы (ЭПФ) и сверхупругость (СУ).

В исследовании применялись проволоки из никелида титана различных диаметров: 0,9 мм, 1,3 мм и 2 мм из сплава ТН1. Проволоки деформировались на цилиндрической оснастке с целью получения пружин со средним диаметром 5,1 мм, 7,15 мм и 15 мм.

Полученным пружинам проводили термофиксацию в муфельной печи при 530 °С в течение 45 минут. Задание свойств определялось режимами термообработки, с помощью которых мы получали свойства эффекта памяти формы и сверхупругости. Проводили отжиг в вакуумной печи при 700 °С в течение 1 часа для получения однородной структуры интерметаллида Ti-Ni. После такого отжига эффект памяти формы проявляется при минусовых температурах порядка –20(–10) °С. При комнатных температурах материал обладает сверхупругостью. Чтобы получить свойство эффекта памяти формы в нужном для нас интервале температур нужно отожжённый материал состарить. Для этого в муфельной печи проводили старение для двух пружин с диаметрами 5.1 и 15 мм при температуре 450 °С с выдержкой 1 час. После этой обработки материал имел свойство восстановления формы при нагреве в интервале температур от 35 °С до 45 °С. Пружина с диаметром 7.15 мм в дальнейшем обладает характеристиками сверхупругости. Часть пружины с диаметром 15 мм, а именно две трети отожгли в течение минуты газовой горелкой при температуре порядка 600 °С, в результате чего участок приобрёл свойства сверхупругости, остальная треть обладала свойством эффекта памяти формы. Таким образом были получены два актуатора, которые при термоциклировании могли выполнять работу.

Актуаторы крепились с растяжение, что создавало определённую нагрузку в них, фиксируемую динамометром. Это позволяло при термоциклировании актуаторов выполнять работу. Промежуточную зону характеристик ЭПФ-СУ принимали за 0-ю точку отсчёта смещений. При нагреве и охлаждении актуаторов фиксировали данные смещений с помощью мерной линейки и развиваемую нагрузку с помощью динамометра. По полученным данным рассчитывали коэффициенты жёсткости, модули сдвига и удельную работу. После одного термоцикла наблюдали проявление такого эффекта как пластичность превращения, за счёт которого при охлаждении в системе отсутствовала нагрузка и промежуточная зона сместилась в отрицательные значения от нулевой позиции, заданной до испытания. При последующем термоциклировании за счёт увеличенного интервала смещений работа имела большие величины.

Таким образом цели и поставленные к ним задачи по оценке работоспособности и сравнению двух актуаторов были выполнены и показали, что актуатор с градиентом характеристик может выполнять работу ровно в такой же степени, как и актуаторы состоящие из элементов с частными характеристиками. На основании полученных коэффициентов жёсткости и модуля сдвига можно делать расчёт оптимального соотношения участков обладающих ЭПФ и СУ для получения максимальной развиваемой актуатором работы. Данное исследование позволяет сделать вывод что актуаторы с градиентом характеристик можно изготавливать и использовать в конструкциях, в которых они необходимы. В особенности, эти актуаторы имеют место использоваться в устройствах малого размера, в условиях, где сборка фактически затруднена или технологически невозможна. При этом их удельная работа в силу проявляемого эффекта памяти формы и малого размера будет весьма высокой и актуальной в использовании.

Список используемых источников:

- 1.Бурнаев А.В. Влияние химического состава и структуры никелида титана на характеристики работоспособности термомеханических актуаторов Москва 2018, с. 147
- 2.Снегирёв А.О., Алсаева О.С.Исследования работоспособности актуатора с двумя противодействующими элементами из сплава на основе никелида титана. 2022 с. 73–77.

Перспективы применения распылительной сушки в разработке композиционных материалов

Штатнова В.С., Хапков О.М., Константинов А.А.

ООО «СТК», Рыбинск

Распылительная сушка — это хорошо зарекомендованный способ по преобразованию композиционных материалов. Процесс агломерации методом распылительной сушки представляет собой тепло и массообменный процесс, за счет которого возможно регулировать размерность гранул, а также получение сферообразных частиц.

В основе технологии лежит рассеивание суспензии в камеру одновременно с подачей горячего воздуха. Суспензия под давлением через форсунку поступает в камеру. При попадании в камеру суспензия взаимодействует с воздухом, затем испаряется влага и преобразуется в порошок. За счет регулирования температуры нагрева, возможно, увеличивать или сокращать время испарения влаги из частиц.

Преимуществами распылительной сушки является малая продолжительность процесса, высокая производительность, большой диапазон температур нагревания.

Применение распылительной сушки в изготовление композиционных материалов подразумевает следующую технологию: подбор и подготовка исходных порошков, смешивание в смесителе исходных порошков с водой и клеем, затем проведение агломерации и в качестве окончательной операции используется упрочнение такое как, спекание или сфероидизация.

В сравнении с другими способами изготовления, например, плавлением и дроблением или спеканием и дроблением, материал, как правило, не правильной, осколочной формы с крупными карбидами. Текучесть порошков изготовленных данными способами определяется содержанием осколков. Таким способом получают оксиды (Cr_2O_3 , Al_2O_3), керметы (WC-Co , CrC-NiCr). При помощи агломерации методом распылительной сушки получают оксиды материалов (Cr_2O_3 , Al_2O_3 , $\text{ZrO}_2\text{-MgO}$) и керметы (WC-Co). При изготовлении таким способом возможно получить сферообразные частицы с хорошим последующим расплавлением и высокой производительностью при напылении.

Секция №8.4 Полимерные и углеродные композиционные материалы, технологии производства изделий из неметаллических материалов

Современный подход в применении метода фотоупругости

Асанов Д.И., Киселёв Л.Е.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Озолин В.В.

МАИ, Москва

Применение современных, в том числе композиционных, материалов в конструкциях летательных аппаратов, предъявляет особые требования к методам изучения их свойств.

Для исследования напряжений и деформаций, возникающих в этих материалах под действием различных нагрузок, широко применяется математическое моделирование. Подобным расчётам в большинстве случаев необходимо экспериментальное подтверждение. Для этого может быть использовано явление фотоупругости, которое широко применяется в научных и практических целях и даёт возможность наблюдать распределения полей напряжений и деформаций для двумерных и трехмерных моделей элементов разнообразных технических устройств и конструкций.

Метод фотоупругости использует взаимосвязь между напряжениями/деформациями и разностью хода лучей, поляризованных во взаимно-перпендикулярных направлениях. Результат проявляется в виде цветовой окраски изображения прозрачной модели. Разновидностью метода является метод фотоупругих покрытий, который даёт возможность анализировать поля напряжений/деформаций на поверхности изделия. Оптические параметры отражённого излучения могут анализироваться инструментально, либо визуально, причем различные подходы характеризуются различной степенью точности.

Перед авторами была поставлена задача оценки точности определения напряжений/деформаций по изображениям цветowych полей посредством компьютерной обработки с использованием цифрового кода тонов цвета. Задача решается совместно с совершенствованием технологии подготовки фотоупругих покрытий.

Одним из возможных применений нашей работы является адаптация классического метода фотоупругости к исследованиям состояния конструкций из композиционных материалов повышенной жесткости и усталостных явлений в них.

Список используемых источников:

1. Зайцев А.К. Оптический метод изучения напряжений // Сев.-Зап. обл. промбюро ВСНХ. 1927.
2. Фрохт М.М., Под ред. проф. Н.И. Пригоровского. Фотоупругость // Гостехиздат. 1948.
3. Тимошенко С.П. Сопротивление материалов // Типо-Литограф. Прогресс. 1909.
4. Алхимов А.П., Клишков С.В., Косарев В.Ф., Фомин В.М. Холодное газодинамическое напыление: теория и практика. Физмалит. 2010.

Фазовые равновесия и структурообразование в отверждающейся системе эпоксидные олигомеры — термопластичный полиуретан

Валиуллин Т.А.

Научный руководитель — к.х.н. Шапагин А.В.

МАИ, Москва

В настоящее время широко используются связующие на основе реакто-термопластичных систем, что позволяет улучшить физико-механические характеристики полимерного композиционного материала. Введение термопласта сопровождается увеличением вязкости модифицированных систем. Для снижения вязкости исходных неотвержденных систем обычно используются активные разбавители. Цель данной работы — исследование влияния

взаимной растворимости компонентов трейной системы термопластичный полиуретан — трехфункциональная эпоксидная смола — двухфункциональная эпоксидная смола на фазовые равновесия, взаимодиффузию и структурообразование. Двухфункциональная смола вводится для улучшения технологических свойств связующего.

Объект исследования — исходная и отверждающаяся трехкомпонентная система на основе полиуретана и двух эпоксидных смол. Компоненты объекта исследования: термопластичный полиуретан марки МК 1185, трехфункциональная эпоксидная смола марки Tactix 742, диглицидиловый эфир бисфенола А марки KER 828 и отвердитель диаминдифенилсульфон. Исследуемые образцы: полиуретановые пленки и смеси эпоксидных олигомеров при различном соотношении, а так же смеси с различным количеством отвердителя (аддукты). Методом оптической интерферометрии исследованы зоны взаимодиффузии бинарных и псевдобинарных систем для изучения макромолекулярной подвижности и фазовых равновесий в исходных и отверждающихся системах. В качестве вспомогательного метода для определения показателей преломления компонентов и их аддуктов использовали оптическую рефрактометрию. Фазовую структуру отвержденных систем исследовали методом электронной сканирующей микроскопии.

По результатам исследований рассчитаны концентрационные зависимости коэффициентов взаимодиффузии и энергии активации диффузии. Построены двухфазные области на концентрационном поле фазовой диаграммы трехкомпонентной системы в изотермических режимах. Определены значения критических точек. Установлено, что трехкомпонентная система характеризуется верхней критической температурой растворения. Построены фазовые диаграммы смесей при различных степенях конверсии эпоксидных групп. Определены значения критических степеней конверсии начала фазового распада для систем с различным соотношением компонентов. На фазовой диаграмме установлены концентрационные области в которых отвержденные системы характеризуются структурами типа матричной дисперсии, взаимопроникающих фаз и инвертированной матричной дисперсии.

Список используемых источников:

1. Шапагин А. В. Структурообразование в системах эпоксидные олигомеры - термопласты: Дис. канд. хим. наук: 02.00.04/ А. В. Шапагин.-М.,2004. — 163 с.
2. Ponomarenko A. D., Nikulova U. V., Shapagin A. V. Phase Equilibria and Interdiffusion in the Ternary System Epoxy Oligomer–Polysulfone–Alkyl Glycidyl Ether //Polymers. — 2023. — Т. 16. — №. 1. — С. 130.

Адгезионная прочность соединений «полимер-волокно» при нагружении в жидких средах

Васильева А.С.

Научный руководитель — д.ф-м.н. Горбаткина Ю.А.

МАИ, Москва

Поведение соединений «полимер-волокно» при нагружении в жидких средах на данный момент практически не изучалось. Исследовать происходящие явления интересно как с теоретической, так и с практической точек зрения: присутствие жидкости может изменить кинетику зарождения и развития дефектов, ответственных за разрушение границы раздела. Соответственно, могут измениться и механизм разрушения, и прочность сцепления.

Цель работы — изучение адгезионной прочности различных соединений «полимер-волокно» в полярных и неполярных жидких средах.

Объектами исследований служили соединения эпокси-диановой смолы ЭД-20 с волокнами различной природы. Смолу ЭД-20 отверждали триэтаноламинотитанатом (ТЭАТ-1) 10:1 массовых частей, соответственно; в качестве подложек использовали стальные (диаметр $d=0,15$ мм), титановые ($d=0,20$ мм) и капроновые ($d=0,22$ мм) волокна. Сдвиговую адгезионную прочность τ определяли методом pull-out, и рассчитывали по формуле $\tau = F/S$, где F — сила, необходимая для сдвига волокна относительно слоя смолы, S — площадь

адгезионного соединения, $S = \pi dl$, l — длина адгезионного соединения — длина участка волокна, погруженного в смолу [1, 2]. Измерения τ проводили на адгезиометрах (разработанных в ИХФ РАН) [1]. Адгезионные соединения нагружали в полярных (дистиллированная вода и этиловый спирт 95%) и неполярных (гексан, полидиметилсилоксан) жидкостях при температуре 20°C со скоростью $(F)' = 1\text{Н/с}$. Полученные результаты сравнивали с контрольными значениями, полученными при нагружении соединений на воздухе. Методики изготовления образцов, проведения измерений и обработки результатов описаны в [1, 2].

Оказалось, что адгезионная прочность соединений со стальным волокном уменьшается при испытаниях в полярных средах и остается неизменной при нагружении неполярных. На адгезионную прочность соединений с титановым волокном среда не влияет. Значения τ соединений с капроновым волокном уменьшаются при испытании в полярных средах и не меняются — в неполярных. Обсуждаются возможные механизмы наблюдаемых явлений.

Список используемых источников:

1. Горбаткина Ю.А., Иванова-Мумжиева В.Г. Адгезия модифицированных эпоксидов к волокнам//М.: ТОРУС ПРЕСС, 2018. 216 с.
2. Горбаткина Ю.А. Адгезионная прочность в системах полимер — волокно. М.: Химия, 1987. 192 с.

Проектирование изделия гильза АКБ беспилотного летательного аппарата с применением композитных материалов в САПР ANSYS

Гаврин И.В.

Научный руководитель — Лапышев А.А.

УлГТУ ИАТУ, Ульяновск

В современных летательных аппаратах часто используют силовые установки, работающие за счёт электрической энергии. Установленные в БПЛА аккумуляторы могут быть повреждены в процессе эксплуатации. Изделие «Гильза АКБ» предназначено для защиты батарей от внешних механических повреждений. Кроме того, гильза АКБ обладает дополнительными защитными функциями: защита от перегрузки, короткого замыкания, вибрационных воздействий, перегрева, что повышает безопасность и живучесть работы дрона.

Гильза представляет собой специальный кейс, в который устанавливаются литий-ионные аккумуляторы с высокой емкостью, благодаря которым беспилотный летательный аппарат может проводить более длительные миссии без необходимости постоянного возвращения на землю для замены аккумуляторов. Для производства «гильзы» могут быть применены различные материалы, которые обеспечат оптимальные параметры прочности и веса готового изделия. Для беспилотных ЛА вместо алюминиевых сплавов целесообразно применять композиционные материалы, которые обладают следующими преимуществами: высокая удельная прочность (3500 МПа), легкость (плотность композитов на 20–30% ниже, чем у сталей), хорошая антикоррозийная стойкость.

Для изготовления гильзы применяется композитное углеродное волокно. Предварительно создается матрица, в которой будет осуществляться выкладка волокна. Матрица формируется из двухкомпонентного литьевого полиуретана. Такая технология позволяет быстро получить монолитный пластик для закрытой формы. Процесс предварительного отвердевания происходит в течении 3–5 минут, полное отвердевание наступает через сутки после смешивания. Готовая заготовка извлекается из опалубки и отправляется на фрезерный станок с ЧПУ, где происходит черновая и чистовая обработка.

Следующим шагом является непосредственное формирование облика гильзы из углеродистого волокна. Формообразование производится при помощи вакуумной инфузии. Сам процесс представляет собой пропитку армирующего материала смолой за счет разницы давления в вакуумном мешке. Данный метод позволяет получить монолитные детали за

минимальное время. Вакуумная инфузия обеспечивает полную пропитку армирующего волокна, что минимизирует вероятность дефектов.

В САПР «ANSYS Workbench» производится прочностной расчет под заданной нагрузкой. Выбранная программное обеспечение позволяет провести всесторонний анализ новой конструкции.

Изготовление «Гильзы АКБ» из композитных материалов позволит существенно уменьшить вес изделия и достигнуть необходимых прочностных характеристик. Выбранный метод вакуумной инфузии обеспечивает изготовление «гильзы» единой деталью. Соответствие требованиям прочности и виброустойчивости было подтверждено в ходе прочностного анализа в САПР «ANSYS Workbench».

Список используемых источников:

1. Автоматизированное моделирование и расчёт конструкций в ANSYS: одномерные модели: учеб. пособие / О.А. Саченков, А.А. Саченков, П.В. Большаков, О.В. Герасимов. — Казань: Казан. ун-т, 2019. — 140 с.

2. Дорошин А.В. Использование CAE-пакета ANSYS в задачах динамики конструкций (космическое машиностроение): Электронное учебное пособие / ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)», Самара, 2013.

3. Колосова А.С., Сокольская М.К., Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ИЗ НИХ // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2018. — № 8. — С. 123–129

4. Батаев А.А., Батаев В. А. Композиционные материалы: строение, получение, применение : учебник. Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2002. 384 с.

Исследование процесса изготовления ПКМ вакуумным формованием препрегов

Городилова Н.А.

Научный руководитель — к.х.н. Донецкий К.И.

НИЦ «Курчатовский институт» — ВИАМ, Москва

В авиационной промышленности полимерные композиционные материалы (ПКМ) из-за их уникальных свойств (низкой плотности и значительных физико — механических характеристик) применяют с самого начала их создания.

При увеличении областей использования и роста требований к свойствам готовых конструкций, разработчики и изготовители освоили автоклавный процесс изготовления, который позволяет получать материалы с низкой пористостью. Этот метод стал основным, поскольку гарантировал получение высококачественных материалов со стабильными свойствами [1, 2].

Однако, существует потребность замены энергозатратной технологии автоклавного формования на более дешёвую и простую, позволяющую изготавливать конструкции без ограничений размеров изготавливаемых изделий. Предложенная технология изготовления вакуумным формованием конструкций с низкой пористостью, привела к появлению как «классических» препрегов для этого метода формования, так и материалов с частичной пропиткой сухого армирующего наполнителя — семипрегов [3, 4].

Следует отметить следующие причины образования пор ввиду более низкого давления при вакуумном формовании препрегов и семипрегов относительно автоклава:

- Захват воздуха при изготовлении связующего:

при изготовлении связующего нужно учитывать попадание воздуха в связующее во время его изготовления. Для исключения попадания воздуха следует применять реакторы с вакуумированием внутренней рабочей полости;

- Выделение летучих продуктов при отверждении полимерной матрицы:

при отверждении полимерной матрицы могут выделяться летучие вещества и продукты реакции будут скапливаться в объёме связующего, соответственно материал при недостаточном времени вакуумирования получится пористым;

- Низкая величина вакуума при дегазации технологического пакета препрегов и семипрегов:

по причине недостаточной величины вакуума, воздушные пространства, которые образовались в процессе выкладки препрега или семипрега, не будут удалены и материал получится пористым;

- Влияние размеров формуемой заготовки:

при изготовлении большегабаритных изделий необходимо учитывать большее время для откачки воздуха из технологического пакета;

- Недостаток связующего:

в случае недостаточного количества связующего в препреге (семипреге), возможно образование недопропитанных зон в ПКМ, что в свою очередь повлияет на физико-механические характеристики получаемого материала;

- Время предварительного вакуумирования:

Основным параметром при изготовлении полимерного композиционного материала, является время предварительного вакуумирования. Так, при недостатке времени, полученный продукт может быть пористым.

Из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что изготовление полимерных композиционных материалов, изготовленных с использованием вакуумного формования препрегов и семипрегов представляет собой сложный процесс, зависящий от многих факторов, учитывая которые возможно получать низкопористые изделия.

В настоящее время в НИЦ «Курчатовский институт» — ВИАМ разработаны следующие материалы для вакуумного формования: препрег углепластика марки ВКУ-39/ВТКУ-2.200 и семипрег углепластика марки ВКУ-69/ВТКУ-2.200. Как было сказано выше, для получения высококачественных, беспористых материалов необходимо оптимальное и достаточное время вакуумирования, обеспечивающее получение продукта с высокими физико-механическими свойствами. Были проведены исследования по влиянию предварительного времени вакуумирования технологического пакета на объемную долю пор изготавливаемых ПКМ. В процессе работы были установлены временные режимы изготовления углепластиков, а также проведен анализ полученных результатов, а именно:

В части семипрега ВКУ-69/ВТКУ-2.200 (средние значения): при 0 ч. вакуумирования — пористость составляет 3,1 %; при 2 ч. — 1,3 %; при 4 ч. — 0,5 %; при 6 ч. — 0,4 %; при 8 ч. — 0 %.

В части препрега ВКУ-39/ВТКУ-2.200 (средние значения): при 0 ч. вакуумирования — пористость составляет 2,6 %; при 2 ч. — 2,6 %; при 4 ч. — 1,0 %; при 6 ч. — 0,6 %; при 8 ч. — 0,1 %.

Установлено, что при времени вакуумирования более четырех часов существенно снижается объемная доля пор и составляет не более 1 %. Были изготовлены экспериментальные образцы и определены физико-механические характеристики материалов, которые представлены ниже (при времени вакуумирования 4 ч.):

В части ВКУ-69/ВТКУ-2.200 (средние значения):

- Предел прочности при изгибе — 925 МПа
- Предел прочности при сжатии — 620 МПа
- Кажущийся предел прочности при межслойном сдвиге — 55 МПа

В части ВКУ-39/ВТКУ-2.200 (средние значения):

- Предел прочности при изгибе — 975 МПа
- Предел прочности при сжатии — 780 МПа
- Кажущийся предел прочности при межслойном сдвиге — 77,7 МПа

Таким образом, нами было определено оптимальное время вакуумирования технологического пакета, позволяющее получать ПКМ с пористостью, не более 1 % и высокими физ.- мех. характеристиками.

Список используемых источников:

1. Хрульков А.В., Караваев Р.Ю., Городилова Н.А., Донецкий К.И. Некоторые причины образования пор в полимерных композиционных материалах (Обзор) // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2023. № 6. Ст.06.
2. Донецкий К.И., Тимошков П.Н., Сафронов А.М., Гончаров В.А., Мишун М.И. Безавтоклавное формование препрегов // Конструкции из композиционных материалов: электрон. науч.-технич. журн. 2022. № 1. Ст.1.
3. Караваев Р.Ю., Городилова Н.А., Донецкий К.И. Изготовление полимерных композиционных материалов на основе семипрегов // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2023. № 5. Ст.6.
4. Душин М.И., Донецкий К.И., Тимошков П.Н., Караваев Р.Ю. Исследование процесса безавтоклавного формования семипрегов на основе углеродных наполнителей (Обзор) // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2018. № 9. Ст.3.

Полимеры с графеновыми нанотрубками как часть противообледенительной системы летательных аппаратов

Горюнов В.А.

Научный руководитель — Валеева А.Р.

КНИТУ-КАИ, Казань

Обледенение — это образование льда на внешних поверхностях обтекаемых элементов самолета, силовых установок и специального оборудования при полетах в облаках, тумане, дожде или мокром снеге.

Обледенение характеризуется интенсивностью прилипания льда к поверхности самолета, степень которого варьируется в зависимости от параметров самолета, окружающей среды и условий полета.

Согласно статистике Международной организации гражданской авиации, на долю обледенения приходится около 7 процентов авиационных происшествий, связанных с погодными условиями, и 1 процент происшествий в авиации общего назначения. В сложных погодных условиях на долю обледенения приходится около 4 процентов всех авиационных происшествий. Поэтому экипажи воздушных судов могут повысить безопасность полетов, изучив основную информацию об обледенении, его характеристиках и влиянии на полет воздушного судна.

Опасность обледенения подтверждается статистикой и данными летных испытаний. Например, слой льда толщиной 13 мм на передней кромке самолета может снизить скорость полета на 56 км/ч и увеличить скорость сваливания на 28 км/ч.

Противообледенительные системы предназначены для защиты самолетов от последствий обледенения. Активные методы борьбы с обледенением можно разделить на механические, физико-химические, термические и комбинированные. Обледенение обычно производится на передних кромках крыльев, стабилизаторах, киях, воздухозаборниках двигателей, пропеллерах, окнах и приемниках воздушного давления.

Для предотвращения или устранения обледенения также могут использоваться термические методы борьбы с обледенением. Противообледенительные устройства работают за счет нагрева поверхности до температуры, исключающей обледенение. В зависимости от метода существует два типа нагрева: электрический и газовый. При электрическом нагреве поверхность нагревается циклически. Энергопотребление при циклическом нагреве во много раз ниже, чем при непрерывном.

Недавно разработанный метод механического нагрева предполагает установку на крыло нескольких индукторов, которые активируются при подаче импульса тока на обмотку источника питания. В этом случае кожа подвергается ударному воздействию, а образовавшийся лед разрушается конвекционными токами. Этот метод, хотя и эффективен, ускоряет разрушение обшивки самолета.

Физико-химические методы борьбы с обледенением основаны на снижении адгезии льда к поверхности самолета и понижении температуры замерзания воды. Суть его заключается в образовании промежуточного слоя какого-либо вещества между льдом и защитной частью поверхности самолета. Смазывание кожи каким-либо веществом уменьшает адгезию между кожей и льдом, но не разрушает лед.

Российская компания «Ампертекс» разработала полимерную микронить TUBALL, содержащую графеновые нанотрубки. Полимерные нити, сочетают гибкость синтетических нитей с высокой электропроводностью. Мощность, необходимая для нагрева полимерного материала, покрытого этими нитями, эквивалентна мощности 75-ваттной лампочки.

Графеновые нанотрубки — один из лучших проводников. В отличие от других добавок, графеновые нанотрубки чрезвычайно гибкие. Благодаря их свойствам количество нанотрубок на объём в полимерных волокнах может быть настолько мала, что не оказывает негативного влияния на производительность нитей и их характеристики.

Исходя из вышесказанного, графеновые нанотрубки имеют потенциал для использования в электротермических методах борьбы с обледенением летательных аппаратов. В настоящее время противообледенительные системы крыльев и оперенья изготавливаются из многослойной структуры, состоящей из внешней и внутренней обшивки с двумя слоями электроизоляционного материала и нагревательными элементами между ними. Если бы можно было заменить нагревательный элемент композитным материалом, включающим графеновые трубки, то это позволило бы не только уменьшить массу такого нагревательного элемента, но и отказаться от электроизоляции, поскольку графеновые трубки в пять раз легче таких же медных трубок. Это связано с тем, что проводник больше не будет находиться в прямом контакте с обшивкой.

В данной работе мы касаемся проблемы обледенения поверхностей самолетов и современных методов борьбы с этим явлением. И полагаем, что использование подобных полимеров в будущем значительно упростит полёты в суровых условиях. Считаю важным постоянность исследований в области.

Список используемых источников:

1. Мазин И.П. Физические основы обледенения самолетов. — 2-е изд. — Москва: Гидрометеиздат, 1957. — 120 с.
2. Судебные и нормативные акты РФ // Приложение С. Условия обледенения URL: <https://sudact.ru/law/aviatsionnye-pravila-chast-25-normy-letnoi-godnosti/prilozhenie-c/> (дата обращения: 25.01.2024).
3. ВИАЦИЯ, ПОНЯТНАЯ ВСЕМ. // Обледенение летательных аппаратов. URL: <http://avia-simply.ru/obledenenie-letateljnih-apparatov/> (дата обращения: 8.02.2024).

Экспериментальная и численная оценка трещиностойкости слоистого кремнийорганического стеклокомпозита ТСПК-101 при нагружении индивидуальными и комбинированной модами растяжения и сдвига

Диас А.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Салиенко Н.В.

МАИ, Москва

Преимуществами кремнийорганических стеклокомпозитов состоящих из стеклянной армирующей ткани и кремнийорганической матрицы, являются: малая теплопроводность, хорошие диэлектрические и электроизоляционные свойства, радиопрозрачность, стойкость к влаге, биологическая стойкость, устойчивость к внешнему воздействию и температурным перепадам, нетоксичность, устойчивость к возгоранию, долгий срок эксплуатации и малый удельный вес. Эти материалы нашли широкое применение в авиационной и ракетной промышленности, где они используются в термоустойчивых радиопрозрачных изделиях [1]. Однако следует учитывать их недостатки, такие как относительно низкие механические свойства и недостаточную устойчивость к образованию и развитию межслоевых трещин. Поэтому важной задачей при проектировании и расчете на прочность конструкций из таких

материалов является оценка и прогнозирование устойчивости материала к росту межслоевых трещин (трещиностойкости) при действии растягивающих, сдвиговых и комбинированных (смешанных) нагрузок.

Целью работы является экспериментальное определение и численные расчеты, показателей трещиностойкости при индивидуальных и комбинированных нагрузках (GIC, GPC GI-IC соответственно) кремнийорганического стеклокомпозита марки ТСПК-101.

Образцы для экспериментальных исследований вырезали из пластин стеклокомпозита ТСПК-101 толщиной 4мм, полученных методом прессования листовых заготовок кремнеземной ткани КТ-11-ТО, пропитанных кремнийорганическим связующим К-101. Для определения трещиностойкости по модам I и II использовали стандартные образцы с краевой трещиной (DCB и ENF соответственно), а по смешанной моде — нестандартных образцов типа SLB и OLB [2]. Локальные межслоевую прочность и предельную деформацию при растяжении (σ_{IC} , δl_{max}) и сдвиге (σ_{IIIC} , $\delta l_{II max}$) определяли разработанными нестандартными методами разрушения. Численное моделирование и оценку межслоевой трещиностойкости слоистого кремнийорганического стеклокомпозита при индивидуальных модах нагружения осуществляли с использованием метода конечных элементов и билинейного закона когезионной зоны (ЗКЗ) в программном комплексе «ANSYS» с использованием локальных межслоевых свойств как параметров когезионной зоны. Для численного моделирования и расчетов при смешанной моде нагружения использовали метод виртуального закрытия трещины и степенной критерий разрушения Бензег-Кеннана [2]. Выявлены зависимости нагрузки на края трещины от ее раскрытия с помощью численного моделирования с экспериментально определенными локальными параметрами. Определено влияние плотности конечно-элементной сетки на точность предсказания расслоения. Полученные результаты и их анализ показывают, что используемый подход может служить основой разработки эффективных численных методов расчетов на межслоевую прочность и трещиностойкость сложных конструктивно-подобных образцов, элементов конструкций и конструкций в целом из слоистых ПКМ.

Список используемых источников:

1. Радиопрозрачные изделия из стеклопластиков/ Гуртовник И. Г., Соколов В. И., Трофимов Н. Н., Шалгунов С. Г. — М: Мир, 2002. — 368 с.

2. Бабаевский П.Г., Салиенко Н.В., Шаталин А.А. Экспериментальная оценка адекватности численного моделирования межслоевой трещиностойкости слоистого стеклокерамического композита при комбинированной моде нагружения I/II- «Перспективные материалы», 2024, №1. с. 77–84.

Разработка теплоизоляционного материала на основе оксида циркония из газовой фазы и каркаса из оксида алюминия

Дорохов А.А.

НИТУ МИСИС, АО «Композит», Москва

Современное развитие техники требует значительного улучшения характеристик и увеличения ассортимента теплоизоляционных материалов и расширения действующих мощностей по производству. В авиации современные высокоскоростные летательные аппараты, имеющие ультравысокие скорости полета, испытывают большие величины аэродинамических нагрузок, ставят новые требования к способам защиты от воздействия высоких температур, в частности к разработке новейших теплозащитных материалов с повышенными рабочими температурами. В качестве материала для обеспечения теплового отвода используется, в частых случаях, оксид циркония, который обладает из всех высокотемпературных материалов самым низким коэффициентом теплопроводности (до $2 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$) и является химически стойким материалом вплоть до температуры плавления. Уменьшение теплопроводности верхнего слоя изделия позволит повысить тепловое сопротивление и уменьшить тепловой поток и как следствие, массы изделия, за счет уменьшения теплового защитного слоя.

Целью работы является расчет толщины теплоизоляции, и проведение экспериментов по химическому осаждению из газовой фазы оксида циркония на каркас из оксида алюминия.

В данной работе представлены расчетные значения толщины теплоизоляции, состоящей из оксида циркония в качестве матричного материала, и оксида алюминия в качестве армирующего элемента; приведены расчетные значения теплопроводности в зависимости от толщины изоляции температуры на поверхности изделия. Приведены результаты микроструктурных исследований методом сканирующей электронной микроскопии. По результатам проведенных исследований методом рентгено-фазового анализа (РФА), полученный матричный материал состоит из моноклинного ZrO_2 — 59%, тетрагонального ZrO_2 — 14% и кубического ZrO_2 — 12%, также присутствует побочная фаза продуктов разложения ZrC — 15%.

Оценка поврежденности конструкционных материалов на основе данных ультразвукового контроля

Дубровская М.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Староверов О.А.

ПНИПУ, Пермь

В настоящее время распространено применение полимерных композиционных материалов в авиационной, космической, автодорожной, морской, строительной, нефтехимической, автомобильной промышленности. Использование композитов позволяет облегчить массу изделия и улучшить эксплуатационные параметры по сравнению с традиционными металлами и сплавами. Определение механических характеристик материалов является важным аспектом, для этого проводятся широкий спектр механических испытаний, включая испытания на сжатие после удара падающим грузом. В процессе эксплуатации в конструкциях появляются дефекты, которые необходимо обнаружить, не повреждая целостность объекта. Методы неразрушающего контроля позволяют выполнить эту задачу. Как показывает практика одним из самых распространенных и эффективных методов дефектоскопии является ультразвуковой контроль, позволяющий обнаружить скрытые повреждения или дефекты в материале с малыми трудовыми и временными затратами [1].

С целью оценки несущей способности и остаточной прочности конструкционных полимерных композитов проведены испытания на сжатие стеклопластиковых пластин с дефектами эксплуатационного характера, образованных в результате нанесения однократных поперечных, относительно направления укладки армирующих слоев, локальных ударов падающим грузом с различными уровнями воздействий. Знания о допустимых размерах повреждениях необходимы для определения пороговых значений внешних воздействий, после которых наблюдается значительное снижение остаточных механических характеристик. Данные, полученные при ультразвуковом сканировании, могут быть использованы для расчета поврежденности исследуемых композитов [2]. Дефектные участки можно выявлять различными способами, такими как определение скорости распространения ультразвука в материале, коэффициента затухания амплитуды, коэффициента энергетического демпфирования [3].

Экспериментальная часть включала в себя предварительные испытания по нанесению сосредоточенных повреждений с использованием полусферического наконечника ударника электромеханической испытательной системы Instron CEAST 9350. Энергии ударов соответствовали: визуально неопределимым повреждениям; остаточным вмятинам с углублением менее 1 мм; значительными поверхностными трещинами и вмятиной с углублением более 1 мм; разломам и разрывам армирующих волокон; сквозному пробою. Помимо визуального контроля после ударных воздействий проводилась ультразвуковая дефектоскопия с использованием специализированной аппаратуры FOCUS-SCAN RX. Применяемый метод сканирования — эхо-импульсный [4]. Площади несплошностей (пятно контакта) были определены с помощью оптического стереомикроскопа CarlZeiss SteREO

Discovery V12. Данные значения использовались для оценки поврежденности. Для определения остаточных механических характеристик исследуемых композитов реализованы испытания на сжатие с использованием специализированного приспособления для предотвращения потери устойчивости в составе нагружающей цепи испытательной системы Instron 5989. Построены экспериментальные зависимости остаточной несущей способности и поврежденности от предварительных ударных воздействий.

Основываясь на данных полученных ультразвуковым сканированием, было проведено исследование развития эксплуатационных повреждений, вызванных ударом падающим грузом у слоистых стеклопластиков. Была установлена связь между изменением энергии удара, степенью поврежденности и остаточными механическими характеристиками исследуемого материала. Также была выявлена нелинейная зависимость степени поврежденности в зависимости от изменения энергии предварительного удара.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №22-19-00765) в Пермском национальном исследовательском политехническом университете.

Список используемых источников:

1. Shiyao Lin, Vipul Ranatunga, Anthony M. Waas / Experimental study on the panel size effects of the Low-Velocity Impact (LVI) and Compression After Impact (CAI) of laminated composites, Part I: LVI Composite Structures Volume 296, 15 September 2022, 115822

2. Бойчук А.С., Диков И.А., Генералов А.С., Чертищев В.Ю. Ультразвуковой контроль образцов в процессе разработки и испытаний новых марок углепластика Испытания материалов Труды ВИАМ №12 86-95 (2021) DOI: 10.18577/2307-6046-2021-0-12-86-95

3. M. Rojek, J. Stabik, G. Wróbel (2005). Ultrasonic methods in diagnostics of epoxy–glass composites., 162–163(none), 121–126. doi:10.1016/j.jmatprotec.2005.02.069

4. Бойчук А.С., Диков И.А., Генералов А.С. Оценка площади ударных повреждений ПКМ различными методами ультразвукового контроля // Труды ВИАМ. 2022. № 7 (113). Ст. 11. URL: <http://www.viam-works.ru>. DOI: 10.18577/2307-6046-2022-0-7-125-133.

Зависимости пористости, распределения компонентов и деформационно-прочностных свойств порошков имитатора лунного грунта различного гранулометрического состава от давления при введении и спекании полимерного порошка-связующего

Емельянов К.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Козлов Н.А.

МАИ, Москва

Последнее десятилетие во многих странах ведутся поиски решения проблемы создания материалов и технологий для строительства лунной инфраструктуры из местных ресурсов, в частности, из лунного грунта — реголита. Вследствие большой температуры его плавления и спекания производство материалов непосредственно из порошка реголита энергоемки, поэтому в качестве альтернативы предлагается создание материалов на его основе с использованием минимального количества полимерного порошка-связующего. Это должно обеспечить снижение энергетических затрат при формировании строительных элементов и достаточно высокие их механические характеристики при минимизации доставок с Земли необходимых компонентов и оборудования. При разработке и отработке технологии таких материалов важное значение имеет изучение влияния гранулометрического состава реголита и количества полимерной связки, а также режимов смешивания компонентов, уплотнения и спекания материала на его плотность, пористость и деформационно-прочностные свойства. В настоящее время для этих целей наиболее целесообразно использование порошковых-имитаторов лунного грунта, химический и гранулометрический составы, а также структурные и прочностные характеристики которых приближены к реальному реголиту.

Цель работы состояла в определении влияния гранулометрического состава имитатора реголита (порошка базальта), содержания порошка термопластичного полимера (полиамида-6)

и давления на пористость, фазовую морфологию и деформационно-прочностные свойства смесей до и после спекания.

Исследованы два типа образцов:

- «Сухие» смеси порошков базальта (Булатовский карьер, Архангельская область) разного гранулометрического состава (от 600 до 40 мкм), обеспечивающего максимально плотную упаковку частиц с минимальной пористостью [1], и полиамида-6 (марка X028, размер частиц 40–50 мкм, $T_{пл} = 215\text{ }^{\circ}\text{C}$) в количестве от 0 до 15 масс.%, уплотненные в форме таблеток при давлении от 37 МПа до 148 МПа и комнатной температуре. Перемешивание композиций перед уплотнением осуществляли с помощью верхнеприводной мешалки ER10 2368 при скорости 20 об/мин в течение 5 минут.

- Пластины размером 80x10x5 мм на основе «сухих» смесей с содержанием полиамида-6 от 5 до 15 масс. %, отформованные методом прямого прессования при давлении 148 МПа и температуре $245 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 15 минут с последующим охлаждением.

Для «сухих» смесей после уплотнения методом обмера и взвешивания определяли пористость в зависимости от давления и содержания полиамида-6. Установлено, что с увеличением содержания полиамида-6 и давления уплотнения наблюдается снижение пористости образцов от 37 до 15 %.

Для отпрессованных образцов с плавлением полимерного порошка-связующего аналогичным образом установлено, что с увеличением содержания полиамида-6 от 5 до 15 масс.% пористость снижается от 15,0 до 0,7%, что, очевидно, связано заполнением связующим пор между частицами базальта и монолитизацией материала. Это предположение подтверждается полученными микрофотографиями и проведенным рентгеноспектральным микроанализом с помощью сканирующего электронного микроскопия JEOL JSM-6060A.

Влияние содержания полиамида-6 и пористости на деформационно-прочностные свойства при изгибе и сжатии отпрессованных образцов с плавлением полимерного порошка определяли стандартным методом с помощью разрывной машины WDW-10E. Установлено, что с увеличением содержания полимерного порошка от 5 до 15 масс. % и со снижением пористости с 15,0 до 0,73 % прочность и модуль упругости при изгибе увеличиваются с 2 до 6 МПа и с 375 до 844 МПа, а при сжатии — с 2 до 25 МПа и с 58 до 176 МПа соответственно.

Список используемых источников:

1. Емельянов К.В. Порошкообразная высоконаполненная полимерная композиция на основе имитатора лунного грунта для изготовления строительного материала на Луне // Сборник трудов научно-исследовательских работ студентов МАИ 2023. М.: Издательство «Перо», 2023. С. 103–109.

Разработка защитного антикоррозионного покрытия для металлических конструкций

Ефремова Е.В., Беляева Е.С.

Научный руководитель — к.т.н. Сыч Е.И.

СамГТУ, Самара

Коррозия является основной проблемой металлических конструкций и оборудования, снижает эффективность работы и влечет значительные затраты на ремонт или замену металлических деталей. Наиболее распространенным вариантом защиты металлических конструкций является нанесение различных видов покрытий [1, 2].

Антикоррозионное покрытие для металлических конструкций должно повышать срок эксплуатации, удовлетворяя следующим требованиям:

- 1) защищать от агрессивного атмосферного воздействия, провоцирующего разрушение изделия;

- 2) обладать достаточной механической прочностью и адгезией к поверхности;

- 3) продолжать защищать от коррозии, даже при частичном нарушении целостности слоя.

Целью данной работы является разработка антикоррозионного полимерного покрытия для металлических строительных конструкций и конструкций ответственного назначения.

Проведенный комплексный отбор компонентного состава защитного покрытия был основан на множестве критериев, в том числе: отечественная сырьевая база и доступность сырья. Одними из наиболее перспективных композиций проявили себя битумные полимерные композиции. Сочетание с эпоксидной смолой позволило обеспечить надежную защиту конструкциям, устойчивость к влаге и климатическим воздействиям. Также несомненным преимуществом является невысокая цена и доступность. В процессе разработки состава была проверена эффективность, как стандартных антикоррозионных добавок, так и малораспространенных. Одной из добавок был выбран уротропин, который хорошо показал себя в качестве ингибитора коррозии, не снижающего физико-механические характеристики покрытия.

Были проведены стандартные испытания защитных покрытий, которые показали перспективность использования разработанного состава в качестве антикоррозионного покрытия металлических конструкций, в том числе конструкций, подвергающихся агрессивному атмосферному воздействию.

Список используемых источников:

1. Яковлева А.А., Анциферов Е.А., Гусева Е.А., Садловский С.В. Влияние защитного покрытия на основе органического связующего на коррозионную устойчивость стали // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2019. Т. 9. № 4 (31). С. 600–611.
2. Сухарева К.В., Андриасян Ю.О., Михайлов И.А., Попов А.А. Защитные покрытия на основе синтетических каучуков // Пластические массы. 2015. № 11–12. С. 57–63.

Моделирование влияния схем армирования гибридных полимерных композитов на жесткостные характеристики трехслойных панелей

Каксис А.Ю., Синдеев Е.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Бухаров С.В.

МАИ, Москва

В проектировании современных летательных аппаратов широко применяются полимерные композиционные материалы (ПКМ). В частности, элементы обшивки фюзеляжа, хвостовые секции лопастей выполняются как правило из трехслойных панелей.

Обшивки трехслойных панелей могут изготавливаться из гибридных ПКМ, включающих как стеклянные, так и углеродные препреги.

В комбинации пакета стеклоткань обеспечивает защиту от внешних факторов для углерента — основного силового материала для конструкции, имеющего как правило большие модули жесткости относительно стекла.

Выбор схемы укладки слоев пакета и направлений армирования позволяют варьировать массово — жесткостные характеристики элемента конструкции.

В докладе представляется моделирование обшивки трехслойной панели посредством САПР Siemens NX с применением модуля Fibersim.

Производится оценка влияния схемы армирования и набора слоев из гибридных ПКМ на массово-жесткостные характеристики изделия.

Расчет жесткостных характеристик элемента конструкции был произведен с использованием общеизвестных формул из курса

«Соппротивление материалов». Необходимые данные для расчета по формулам были взяты из расчета модели элемента конструкции в программном комплексе Simcenter 3D.

В докладе представлен расчет и моделирование различных вариантов конструкции обшивки трехслойной панели с выделением оптимальной схемы укладки слоев пакета и оптимального направления армирования углеродных нитей.

Фактором оптимальных массово — жесткостных характеристик конструкции является установленное техническое задание. За основу берутся усредненные значения из эксплуатации схожих конструкций.

Наглядно показано влияние содержания углерода в конструкции обшивки, выбрано оптимальное соотношение углеродных слоёв к слоям стеклоткани в зависимости от общей массы конструкции к её необходимой жесткости.

Список используемых источников:

1. Халиулин В.И., Шапаев И.И. Технология производства композитных изделий: Учеб. пособие. — Казань: Казанский государственный технический университет, 2003. — 332 с.
2. Гиясов Б.И., Серёгин Н.Г., Серёгин Д.Н. Трехслойные панели из полимерных композиционных материалов — М.: Издательство АСВ, 2015.
3. Зинкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация. — М.: Мир, 1986. — 318 с.
4. Котов А.Г. САПР изделий из композиционных материалов. Моделирование процессов деформирования и разрушения в среде ANSYS. — Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. — 351 с.

Влияние геометрических параметров электродов и подаваемого напряжения на усилие отрыва электроадгезионной панели от поверхности диэлектрика

Кравцов А.Д., Дегтярев С.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Козлов Н.А.

МАИ, Москва

Электроадгезия (ЭА) — это явление электростатического притяжения (сцепления), возникающее между поверхностью диэлектрика (изолятора), поперечно поляризуемого с помощью плоского встречно-штыревого или гребенчатого конденсатора, к которому прикладывается высокое постоянное напряжение, и контактирующей с ней твердой поверхностью (подложкой) диэлектрической, полупроводниковой или электропроводящей природы. В случае диэлектрической подложки ЭА обуславливается действием кулоновских сил, а в случае полупроводниковой или проводящей подложки — эффектом Джонсена-Рахбека. Для технической реализации эффекта ЭА в различных робототехнических устройствах, в т.ч. в космических для переноса и крепления полезной нагрузки, сбора космического мусора, проведения строительных и ремонтных работ и др., разрабатываются различные электроадгезионные панели (ЭАП), представляющие собой плоскую гибкую или жесткую слоистую структуру, состоящую из электродов конденсатора и двух диэлектрических слоев с высокой электрической прочностью, один из которых является несущим, а второй — адгезионным, контактирующим с заданной твердой поверхностью (подложкой).

Авторами разрабатываются конструкции ЭАП, которые должны обеспечивать, в первую очередь, электрическую прочность, а также податливость конструкции в целом и плотный контакт адгезионного слоя с разнопрофильными поверхностями подложек. Одним из вариантов такой конструкции служит ЭАП, состоящая из пленок сополимера этилена с винилацетатом (СЭВА) толщиной 200 мкм в качестве основного и адгезионного (контактирующего) слоев, и плоскопараллельных электродов из медной фольги толщиной 20 мкм с варьируемыми геометрическими параметрами — длиной, шириной и расстоянием между ними. В данном докладе рассматриваются результаты исследования влияния геометрических параметров электродов, а также величины и длительности действия прикладываемого напряжения на усилие отрыва ЭАП от диэлектрика — полипропиленовой пленки толщиной 50 мкм.

К ЭАП прикладывали электрическое напряжение от 2.5 кВ до 7.5 кВ от источника постоянного тока СХ-150А в течение от 10 до 600 с. Измерение усилия отрыва ЭАП от полипропиленовой пленки осуществляли с помощью аналитических весов ВЛР-1 со столиком-подставкой для фиксации образцов. Точность определения усилия отрыва составляла 0.0001 ± 0.00005 Н.

Установлено, что после приложения напряжения усилие отрыва ЭАП от полипропиленовой пленки быстро нарастает, достигая 95 % от максимального значения через 30 с. Далее нарастание усилия резко замедляется, и предельное значение достигается только

через 600 с. Увеличение подаваемого на электроды ЭАП напряжения с 2.5 до 7.5 кВ увеличивает силу сцепления почти на два десятичных порядка (от 0.0004 до 0.0351 Н) при неизменной площади контакта, равной 13.8 см².

При изменении геометрических параметров электродов обнаружено, что при подаче напряжения величиной 7.5 кВ предельно достигаемое усилие отрыва ЭАП от диэлектрической пленки увеличивается в 3 раза с увеличением ширины электродов конденсатора ЭАП от 2 до 10 мм при постоянной величине зазора 10 мм, и в 3.5 раза — с уменьшением зазора между электродами от 15 до 3 мм при постоянной ширине электродов 10 мм, достигая 0.035 Н при площади контакта 13.8 см² и 0.051 Н при площади контакта 10.6 см² соответственно.

Исследование термических свойств препрегов на основе полиамида-6

Кулакова М.С., Калиш П.Э., Фомичёва И.Н.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Волгин В.М.

ТулГУ, Тула

Препреги — это композиционные материалы-полуфабрикаты, которые получают пропитыванием армирующей волокнистой основы полимерным связующим. Из препрегов можно получить готовые изделия с помощью различных методов.

Свойства препрегов в значительной мере зависят от армирующего волокна и его предварительной обработки. Аппретирование является одним из самых распространенных и эффективных видов обработки волокон [1]. Аппретирование — это нанесение на поверхность волокна тонких слоев различных веществ — аппретов. Аппретирующими веществами называются вещества, придающие готовым изделиям особые свойства, улучшающие их эксплуатационные качества, например, жесткость или мягкость, прочность. Роль аппретирующих веществ заключается в улучшении адгезии волокна к матрице.

Среди многочисленных аппретирующих веществ имеются также и полимерные аппреты. Их использование в большинстве случаев способствует значительному увеличению прочности сцепления [2].

В работе в качестве матрицы для препрегов использовали полиамид-6 (РА-6). В качестве армирующего материала использовали углеволокно Toho с полиуретановым аппретом в качестве базового аппрета и Tairufil, в котором в качестве базового аппрета выступает эпоксидный аппрет. Также были изготовлены особые образцы с нанесением раствора поливинилбутирала (ПВБ) и раствора полиамида-6 в муравьиной кислоте (МК).

Полученный препрег был исследован методами термогравиметрического анализа (ТГА) и дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК). Термический анализ проводился на термогравиметрическом анализаторе SKZ1053A. Прибор был откалиброван с использованием олова. Измельченный образец нагревали при температуре окружающей среды до 400 °С с постоянной скоростью 10 °С/мин в атмосфере воздуха.

С помощью ДСК были установлены температуры плавления полученных препрегов (T_m). Препреги на основе армирующего волокна Toho имеют следующие температуры плавления: без дополнительного аппрета — T_m = 224,9 °С, с нанесением полиамида-6 в МК — T_m = 222,9°С, с нанесением раствора ПВБ — T_m = 221,4°С. Препреги на основе армирующего волокна Tairufil имеют следующие температуры плавления: без дополнительного аппрета — T_m = 222,8–223,7°С, с нанесением полиамида-6 в МК — T_m = 223,9°С, с нанесением раствора ПВБ — T_m = 223,72°С.

С помощью ТГА было установлено, что потеря 3% массы образца с углеволокном Toho без дополнительного аппрета происходит при T = 374,7 °С, потеря 4% массы образца с углеволокном Tairufil с нанесением раствора ПВБ происходит при T = 382,2 °С. Для остальных образцов температура термодеструкции выше 400 °С.

По результатам ДСК температуры плавления полученных образцов мало различаются, в связи с этим требуются дополнительные исследования связана ли разница с аппретированием. По результатам ТГА все препреги достаточно термостойкие и выдерживают температуры свыше 350 °С.

Работа выполнена при финансовой поддержке комитета Тульской области по науке и инноватике в рамках соглашения №10 от 07.09.2022.

Список используемых источников:

1. Плодеман Э. Композиционные материалы. Т.6. Поверхность раздела в полимерных композитах. Пер. с англ. // Под ред. Броутмана. Л. М.: Мир, 1978. С. 257.
2. Липатов Ю.С. Физическая химия наполненных полимеров. М.: «Химия», 1977, 304 с.

Реологические и деформационно-прочностные свойства композиций на основе порошков базальта и полиэтилена низкой плотности

Ларцов И.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Агапов И.Г.

МАИ, Москва

В последнее десятилетие разрабатываются планы по созданию на поверхности Луны инфраструктуры, необходимой для ее освоения [1]. Для реализации этих планов ведутся наземные разработки и исследования материалов и технологии их переработки при минимальной зависимости от поставок с Земли. Это может быть достигнуто использованием в качестве основного компонента материалов, присутствующих на поверхности Луны в виде частиц заданного гранулометрического состава и минимального количества связующего вещества с низким весом, относительно дешевого и технологичного, а также обладающего требуемыми эксплуатационными свойствами — термопластичного полимера. В наземных условиях исследования проводятся с использованием базальта, обладающего сходными физико-химическими и механическими свойствами с материалами на поверхности Луны.

Целью работы являлись исследования композиций на основе порошков базальта с малым содержанием полиэтилена низкой плотности (ПЭНП) в качестве полимерного связующего и определение их реологических и механических свойств.

В качестве объектов исследования использовали образцы композиций, полученные взвешиванием порошков базальта заданной фракции и ПЭНП.

Три фракции порошка базальта в интервале от 40 до 160 мкм получали путем размельчения исходного крупнодисперсного порошка с помощью микроразмельчителя РТ-2 с последующим просеиванием через набор сит. Размеры частиц порошка ПЭНП составляли 100–200 мкм.

Содержание ПЭНП в композициях на основе порошков базальта с различным размером частиц составляло 10, 15 и 20 % по объему (3, 5 и 7 % по массе).

Реологические свойства образцов композиций исследовали с помощью пластометра «Полимер Р-1» при скорости сдвига $0,015\text{--}0,309\text{ с}^{-1}$ и температуре 180°C .

Исследования показали, что все образцы представляют собой псевдопластичные системы. При увеличении содержания ПЭНП в образцах с заданными размерами частиц базальта эффективная вязкость композиций при фиксированной скорости сдвига уменьшалась. Аналогичный эффект наблюдался и при увеличении размеров частиц базальта при заданном содержании ПЭНП.

Прочность и модуль упругости при сжатии образцов определяли по ГОСТ 4651-2014 при скорости деформирования 1 мм/мин. Образцы цилиндрической формы получали прессованием исходных порошкообразных смесей компонентов при давлении 200 МПа и температуре 180°C . Установлено, что при увеличении содержания ПЭНП от 10 до 20 об. % прочность и модуль упругости при сжатии увеличиваются, достигая значений, характерных для традиционных строительных материалов.

Список используемых источников:

1. Емельянов К.В., Козлов Н.А. Композиционные материалы на основе имитатора лунного грунта для изготовления строительных элементов на Луне // Сборник тезисов работ международной молодежной научной конференции XLIX Гагаринские чтения 2023. — М.: Издательство «Перо», 2023. С. 640–641.

Технологическое обеспечение качества производства деталей по технологии вакуумной инфузии

Макагонов И.А., Чаплина Е.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Малышева Г.В.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва

В технике все большее распространение получают полимерные композиционные материалы (ПКМ) на основе термореактивного связующего (чаще всего, эпоксидного), в которых в качестве армирующего материала используются ткани (стеклянные, углеродные, базальтовые). Тонкостенные крупногабаритные детали из таких ПКМ могут быть изготовлены с помощью прямых методов формования или по препреговым технологиям. Для единичного и мелкосерийного производства экономически эффективной является использование технологии вакуумной инфузии, которая относится к прямым методам формования [1]. Традиционно, в технической литературе описывают многочисленные преимущества вакуумной инфузии [2, 3], однако данная технология обладает и рядом существенных недостатков, основным из которых является большой ассортимент вспомогательных материалов, каждый из которых оказывает влияние на качество формируемых деталей.

Целью данной работы является экспериментальная оценка влияния геометрических характеристик материалов (и приспособлений), используемых для подачи связующего при изготовлении деталей из ПКМ по технологии вакуумной инфузии.

Актуальность данной работы связана с тем, что данные вспомогательные материалы оказывают непосредственное влияние не только на кинетику процесса пропитки, но и на механические характеристики получаемых деталей.

В качестве объектов исследования были использованы отечественное эпоксидное связующее, базальтовая ткань и несколько типов вспомогательных материалов, отличающихся между собой геометрическими размерами полостей, по которым подается связующее в процессе пропитки.

Качество изготовленных образцов оценивали по величине фазового состава, который определяли методом термогравиметрического анализа на приборе TG 209 F1 Libra и по величине адгезионной прочности, которую определяли методом «короткой» балки при испытаниях при межслоевом сдвиге. Содержание полимерной матрицы определяли в двух точках – в местах подачи (участок №1) и выхода связующего (участок №2). В результате проведенных исследований установлено, что разница в содержании эпоксидной матрицы на участках № 1 и 2 при использовании обычной и специальной трубок составляет 3,1%. Для образцов, вырезанных из участков с наибольшим содержанием полимерной матрицы (№2), прочность при межслоевом сдвиге на 5,7–6,2% ниже, чем для аналогичных образцов, вырезанных из участков с наименьшим содержанием полимерной матрицы (№1). Аналогичные испытания проведены при изготовлении деталей типа «рефлектор», отличающихся между собой геометрическими размерами и с учетом влияния масштабного фактора установлены оптимальные схемы расположения вспомогательных материалов. В результате проведенных исследований разработаны рекомендации, позволяющие оптимизировать выбор вспомогательных материалов.

Список используемых источников:

1. Малышева Г.В., Гузева Т.А. Технологическое обеспечение снижения пористости деталей из полимерных композиционных материалов // Технология металлов. 2021. №6. С. 16–21.
2. Нелюб В.А. Повышение качества формования углепластиков на основе эпоксидных связующих и металлизированных армирующих волокнистых материалов по технологии вакуумной инфузии // Клеи. Герметики. Технологии. 2020. №9. С. 40–43.
3. Maung P.P., Htet T.L., Malysheva G.V. Simulation and optimization of vacuum assisted resin infusion process for large-sized structures made of carbon fiber-reinforced plastics // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment 2019, ICMTME 2019. 2020. С. 022041.

Исследование зависимости кислотного числа в глифталевой смоле от времени синтеза

Максимов П.П., Прудникова Е.А.

Научный руководитель — Серпичева Е.В.

МАИ, Москва

Были проведены исследования в ходе которых была выявлена зависимость наглядно показывающая изменение показателя кислотного числа от времени протекания реакции образования смолы из фталевого ангидрида и глицерина.

На основе данного исследования можно сделать выводы о том, что:

Продолжительность синтеза играет большую роль в производстве смолы, так как чем меньше будет кислотное число, тем проще будет нейтрализовать кислые компоненты, являющиеся производными при процессе реакции;

Также важность уменьшения кислотного числа заключается в том, чтобы уменьшить воздействие вредных соединений на человека при нейтрализации;

Важным моментом будет также являться зависимость свойств получаемого полимера от конечного значения кислотного числа, при его уменьшении мы получаем большие прочностные характеристики, лучшее сцепление с поверхностью в случае с клеями;

Ещё одним важным аспектом выявленным при проведении исследования, является возможность модификации и применения данного вида смол в разнообразных сферах.

Таким образом, мы приходим к выводу, что на данный момент открыт не весь потенциал глифталевой смолы, поэтому дальнейшее изучение имеет большое значение в становлении данного материала аналогом более популярных, но ныне недоступных материалов, таких как эпоксидная смола. Однако нужно помнить, что данный материал на стадии исследования и производства является токсичным, и может вызывать заболевания, такие как поражение дыхательных путей и слизистой, поражение кожного покрова, покраснения.

Список используемых источников:

1. P. P. Maksimov, E. A. Prudnikova, Study of phtalic anhydride and glycerol polycondensation, E3S Web of Conferences 458, 02034 (2023)

Получение покрытий на УККМ из порошковых композиций $\text{MoSi}_2\text{-HfB}_2\text{-Si}$, $\text{MoSi}_2\text{-HfSi}_2\text{-SiB}_4$ и $\text{MoSi}_2\text{-HfB}_2\text{-HfSi}_2\text{-SiB}_4$

Матуляк А.И.

Научный руководитель — к.т.н. Астапов А.Н.

МАИ, Москва

Данная работа является продолжением исследований, направленных на получение защитных покрытий на основе системы $\text{MoSi}_2\text{-HfB}_2$ на углерод-углеродных и углерод-керамических композиционных материалах (УУКМ и УККМ) с помощью реакционного синтеза *in situ* [1, 2].

В настоящее время проведен синтез в системах $\text{MoSi}_2\text{-HfB}_2\text{-Si}$, $\text{MoSi}_2\text{-HfSi}_2\text{-SiB}_4$ и $\text{MoSi}_2\text{-HfB}_2\text{-HfSi}_2\text{-SiB}_4$ при температуре 1620 °С и остаточном давлении аргона ~100 Па. Исследования структуры и фазового состава проводили с помощью сканирующей электронной микроскопии, энергодисперсионной спектроскопии и рентгеновского фазового анализа.

Структурно-фазовые исследования показали, что при формировании из порошковой композиции в системе $\text{MoSi}_2\text{-HfB}_2\text{-Si}$ образуется высокопористый слой с фазовым составом — MoSi_2 , HfB_2 , SiC и Si (следы). Структура полученного слоя представлена в виде частично спеченных зерен MoSi_2 с равномерно распределенными дисперсными частицами HfB_2 и SiC . Жидкофазное спекание за счет свободного кремния произошло избирательно. Получить сплошной слой не удалось по причине нехватки кремния из-за его частичного испарения и взаимодействия с углеродом с образованием SiC .

При реакционном взаимодействии в системах $\text{MoSi}_2\text{-HfSi}_2\text{-SiB}_4$ и $\text{MoSi}_2\text{-HfB}_2\text{-HfSi}_2\text{-SiB}_4$ образуются пористые слои с аналогичным равномерно распределенным по объему фазовым

составом — MoSi_2 , HfB_2 , SiC и Si (следы). В обоих слоях структура представлена фрагментарно спеченными зернами MoSi_2 с равномерно распределенными в них частицами HfB_2 в виде дисперсных полиэдрических образований, а также в виде тонких игл. Предполагаем, что образование HfB_2 начиналось с частиц игольчатой формы и сопровождалось их последующим постепенным ростом и объединением. При этом в системе MoSi_2 - HfSi_2 - SiB_4 жидкофазное спекание протекало лучше, что подтверждается большей долей сплошных участков в структуре синтезированного слоя, чем для слоя, полученного из композиции MoSi_2 - HfB_2 - HfSi_2 - SiB_4 . Это обстоятельство объясняется отсутствием исходных частиц HfB_2 в составе первой смеси, наличие которых снижало бы площадь поверхности контакта между Hf и Si в расплаве и препятствовало бы увеличению сплошности структуры в результате спекания.

В работе также предложены механизмы реакционного взаимодействия в системах MoSi_2 - HfSi_2 - SiB_4 и MoSi_2 - HfB_2 - HfSi_2 - SiB_4 . Они включают перитектоидное разложение SiB_4 на SiB_6 и Si , образование расплава L_1 в системе Si-B , инконгруэнтное плавление HfSi_2 с образованием расплава L_2 и фазы HfSi , смешение расплавов L_1 и L_2 , конгруэнтное растворение SiB_6 и HfSi в расплаве с одновременным химическим взаимодействием между Hf и B , Si и C .

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 19-79-10258-П, <https://rscf.ru/project/22-79-41035/>.

Список используемых источников:

1. Матуляк А.И. Реакционное взаимодействие в системах Mo-Si , Mo-Si-HfB_2 и Mo-HfSi_2 - SiB_4 // Сборник тезисов работ международной молодежной научной конференции XLIX Гагаринские чтения 2023. — М.: Издательство «Перо», 2023. — 7,43 Мб. [Электронное издание]. — С. 641.

2. Астапов А.Н., Белокопытова Е.С., Матуляк А.И., Погодин В.А., Солдатенко И.В. Получение покрытия на C/C-SiC композите из порошковой композиции Mo-HfSi_2 - SiB_4 методом реакционного синтеза *in situ* // Электromеталлургия. — 2024. — №. 2. — С. 2–12. DOI: 10.31044/1684-5781-2024-0-2-2-12.

Регулирование структуры и свойств пористого поливинилформаль

Мельцаев С.В.

Научный руководитель — к.х.н. Шапагин А.В.

МАИ, Москва

В настоящее время актуальной задачей в различных отраслях промышленности является очистка загрязненных нефтепродуктами и мелкодисперсными нерастворимыми частицами вод, используемых в технологических процессах. В этой связи актуальной задачей является создание перспективных пористых материалов с регулируемой фазовой структурой для направленного изменения фильтровальных свойств материалов под требуемые условия, определяемые природой и степенью загрязнения промышленных вод. Пористый поливинилформаль (ПВФ), благодаря своей развитой пористой структуре и гидрофильности, имеет высокую водопоглощающую способность, обладает хорошей химической стойкостью и износостойкостью. Эти свойства делают данный материал очень эффективным для получения регенерируемых фильтров для очистки органических жидкостей, масел и дизельного топлива от воды.

Целью работы является исследование влияния концентрации исходных компонентов получения пористого ПВФ на параметры его структуры, сорбционных и физико-механических свойств. В качестве объекта исследования использовали пористый ПВФ с различным содержанием в водном растворе исходных компонентов: поливинилового спирта, крахмала, лаурилсульфата натрия, формальдегида и серной кислоты. Пористую структуру ПВФ оценивали методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) с использованием электронного микроскопа Jeol JSM 6060A (Япония). Сорбционную емкость и пористость материала определяли методом гравиметрии с помощью аналитических весов Ohaus (США) по исходным образцам, извлеченных из эксикатора с насыщенным водяным паром ($P/P_s=1$) и

из воды. Физико-механические свойства при сжатии оценивали с помощью тестовой машины Zwick/Roell Z010 (Германия).

По микрофотографиям, полученных с помощью СЭМ, выявлены параметры структуры и построены гистограммы распределения пор по размерам в зависимости от содержания исходных компонентов при синтезе пористого ПВФ. Установлены концентрации компонентов, обеспечивающие формирование минимальных пор (~15 мкм) с равномерным распределением по объему образца (диаметр 40 мм, высота 80 мм). Определены параметры структуры, обеспечивающие максимальное водопоглощение (850 %мас.). Построены концентрационные зависимости прочности при сжатии пористого ПВФ. По полученным данным построены корреляционные зависимости прочности, пористости, сорбционной емкости, водопоглощения и концентрации исходных компонентов, позволяющие выбирать состав пористого ПВФ для конкретных условий эксплуатации.

Исследование эрозионной стойкости покрытий из полимерных материалов для защиты воздушных винтов летательных аппаратов

Назаров И.В.

Научный руководитель — к.т.н. Червяков А.А.

МАИ, Москва

При нынешнем росте скоростей полетов летательных аппаратов (ЛА) в процессе эксплуатации элементы конструкций или изделия подвергаются различным воздействиям песка, капель дождя, снега, повышенных температур, влаги, это приводит к эрозии. Эрозия в широком смысле слова есть процесс поверхностного разрушения материала под воздействием внешней среды, при котором происходит уменьшение его объема или массы, изменение структуры и свойств с течением времени.

Защита от эрозии находит широкое применение для обтекателей лопастей и оковок для воздушных винтов из полимерных композиционных материалов, так как край кромки воздушного винта подвергается воздействию от разных потоков воздуха с мелкими частицами пыли и льда (газоабразивное изнашивание) [1]. Для защиты этого места применяют пластины из нержавеющей стали или титана, которые являются элементом конструкции.

Целью работы является исследование эрозионной стойкости покрытий из полимерных материалов предлагаемых для защиты воздушных винтов ЛА из полимерных композиционных материалов, взамен металлических пластин, что обуславливает не только выигрыш в массе, но и в экономичности производства и ремонта.

Объектами исследования являются полимерные покрытия на основе ненаполненных и наполненных эпоксидных и полиуретановых композиций, нанесенные на стекло- и углекомпозиционную подложку. В качестве наполнителей композиций использованы частицы сферокорунда и углеродные наночастицы. Образцы для испытаний на эрозионную стойкость получали нанесением на подложку из ПКМ с размерами 50×125 мм методом полива и с помощью кисти с последующим отверждением. Толщину полученного слоя эрозионностойкого полимерного покрытия определяли с помощью сканирующей электронной микроскопии. Для сравнения, за эталон была взята пластина из нержавеющей стали, которая используется для защиты от эрозии на сегодняшний день.

Для определения эрозионной стойкости разработана методика на основе ASTM G76-04. Standard Test Method for Conducting Erosion Tests by Solid Particle Impingement Using Gas Jets [2]. Основным отличием данной методики от стандарта является полный износ покрытия, исследование глубины износа и различные углы атаки. Применяемая в настоящем исследовании установка позволяет за счет подаваемого потока воздуха с абразивом, взаимодействующего с поверхностью образца изучать влияние газоабразива на характер и величину износа покрытия. При проведении экспериментальных исследований в качестве абразива использован кварцевый песок (фракция 200-600 мкм) и обеспечивались следующие параметры абразивного воздействия: скорость воздушно-абразивного потока — 170 м/с; скорость твердых частиц в ядре потока — 30÷35 м/с; угол атаки воздушно-абразивного потока

30°, 45°, 60°; концентрация частиц в потоке — 300 г/м³. Воздействие осуществлялось в течение времени до полного износа покрытия (до появления поверхности подложки). За эрозионный износ принята относительная величина потери массы за единицу времени на единицу толщины покрытия с размерностью [мг/(мин·мм)]. Для определения потери массы образец взвешивали до и после испытаний, а толщину износа покрытия определяли с помощью профилометра. Во время предварительных испытаний определено, что наиболее интенсивный износ имеет место при угле атаки 45°. Поэтому все дальнейшие эксперименты проводились при угле атаки 45°.

При испытаниях ненаполненных композиций, образцы с полиуретановой матрицей показали более высокие результаты, чем эталон и образцы с эпоксидной матрицей. Добавления в композиции дисперсных частиц, таких как сферокорунд, привело к увеличению эрозионной стойкости эпоксидных покрытий в 2 раза и к уменьшению стойкости в полиуретановых покрытиях в 3 раза. При этом износ ненаполненных полиуретановых покрытий гораздо ниже, чем у наполненных эпоксидных. В случае дисперсно-наполненной эпоксидной композиции результаты показывают, что углеродные наночастицы заметно не влияют на износ, а частицы сферокорунда заметно снижают износ полимерного покрытия по сравнению с ненаполненной эпоксидной композицией. При износе наполненных полиуретановых покрытий, сочетание твердой дисперсной фазы с упругой матрицей показывает увеличение износа на порядок или два. В целом, результаты исследований показали, что наиболее эффективным из исследованных полимерных покрытий для эрозионной защиты является ненаполненное полиуретановое покрытие.

Список используемых источников:

1. В.А. Кузнецова Тенденции развития в области эрозионных покрытий/ В.А. Кузнецова, Г.Г. Шаповалов // Труды ВИАМ — Москва: НИЦ «Курчатовский институт» — ВИАМ, 2018. — № 11. — С. 74–85

2. ASTM G 76-04. Standard Test Method for conducting Erosion Tests by Solid Particle Impingement Using Gas Jets I

Обоснование конструктивных элементов опосредованного поточкового реометра

Ораевский С.С.

РАГУ МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва

В настоящее время реологические измерения встречаются на производствах не так часто. Между тем, потребность в отслеживании качества текучих полимерных сред является важным шагом к достижению автоматизации и удешевлению их производства. Контролирование реологических свойств позволит повысить устойчивость таких процессов, как перемешивание, формование, нагрев, охлаждение и пр. Можно выделить две основные причины непопулярности реометрических решений.

Первая заключается в преимущественно лабораторных методах

изучения проявлений вязкостных свойств материала. Наиболее распространённые на настоящий момент приборы — вискозиметры (ротационные, ультразвуковые и вибрационные) отличаются спецификой изучаемой среды. Для точного получения значений вязкости (Па·с) необходимо производить измерения в спокойной среде. Это накладывает определённые ограничения: нет возможности применить подобные измерительные средства для потоков по причине движения в них жидкости, и необходимости в непрерывном получении значений. Регулярные измерения, в случае погружных реометров, не обеспечивают возможность анализировать состояние текущего потока в промышленных масштабах цеха и комбината. Такими же недостатками обладают и структурометры, показания которых при прокачке среды через специальные насадки тоже позволяют опосредованно оценивать значения вязкости.

Второй причиной считается сложность применения результатов реометрических измерений. Внедрение реометров неизбежно сталкивается с трудностью интерпретации данных, получаемых в результате измерений — зависимость изменения реологических

параметров от колебания состава входящих в среду компонентов изучена слабо по причине трудноёмкости из-за очень большого разнообразия используемых полимеров.

Анализ патентов даёт несколько направлений решения этих вопросов:

Отслеживание разницы в реологических качествах исследуемого сырья в сравнении с эталонной жидкостью (например, вода) на основе расчёта секундного расхода при протекании жидкостей через канал определённого диаметра [1].

Оценивание потребляемой мощности, которую необходимо развивать напор в потоке для преодоления канала [2].

Однако применение эталонной жидкости предполагает точную настройку каждого участка по причине неизбежной индивидуальности, являющейся следствием используемых допусков для удешевления производства и человеческого фактора. Внедрение тонкого оборудования нагнетания неизбежно приведёт к излишнему усложнению и удорожанию обслуживания и самого процесса производства.

Изучение патента [3] показывает, что искусственное внедрение в систему энергии и оценивание скорости её потери позволяет получать точные данные. Совокупное рассмотрение этих решений даёт возможность сделать следующие выводы:

Специфика производственной деятельности показывает: простое связывание итогового качества продукта с колебанием итоговых напряжений позволяет обеспечить своевременное отслеживание изменений в технологических процессах, давая возможность своевременно на них реагировать, увеличивая стабильность производственного процесса.

Для точного оценивания итоговых напряжений эффективно принимать итоговое напряжение за счёт создания условий возникновения всех проявлений напряжений (тангенциального и нормального).

Для реализации такого метода качественного отслеживания реологических параметров сырья возможны следующие компоновочные аспекты принципиальной схемы измерительного прибора:

Дестабилизатор потока — элемент, создающий из потоков ламинарного течения с градиентом сдвига напряжений между слоями с разной скоростью новый поток, в котором идёт активное перемешивание струй, путём придания струям потока угловых ускорений. Это позволит регистрирующему элементу воспринимать не только граничащие с поверхностью струи, но и вышедшие из середины потока. Сообщение потоку определённой угловой скорости позволит реализовать при контакте струй с принимающей поверхностью проявление как нормального, так и тангенциального напряжения.

Принимающая поверхность — она примет на себя усилие дестабилизированного потока.

Регистрирующее устройство — оно позволит оценивать качественное изменение напора в зависимости от колеблющегося проявления вязкостных свойств сырья.

Реализация подобного метода отслеживания позволит повысить стабильность качества как самой продукции, так и отрегулировать настройки таких аппаратов, как смесители, дозаторы, а также расширит возможности применения многокомпонентных полимеров в разнообразных сферах применения, от 3Д печати и автоматизации производства до принципиально новых технологий.

Список используемых источников:

1. Алашкевич Ю. Д. Пат. 2 441 217 С1 РФ, МПК G01N 11/04(2006.01). Способ измерения вязкости неньютоновских жидкостей. 2010144231/28, заявл. 2010.10.28 опубл. 2012.01.27.
2. Алашкевич Ю. Д. Пат. 2 548 948 С1 РФ, МПК G01N 11/04(2006.01). Способ определения вязкости неньютоновских жидкостей. 2014100747/28, заявл. 2014.01.09, опубл. 2014.01.09.
3. Савин Л. А. Пат. RU 2 517 819 С1 РФ, МПК G01N 11/04(2006.01). Инерционный способ определения вязкости. 2012147160/28, заявл. 2012.11.06, опубл. 2014.05.27.

Разработка расчетной модели наномодифицированного композиционного материала

Папич А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Галиновский А.Л.

МГТУ им. Н.Э.Баумана, Москва

В настоящее время полимерные композиционные материалы (ПКМ) широко применяются в высокотехнологичных областях промышленности, в том числе в авиационной и ракетно-космической отраслях [1]. Поэтому актуальной задачей является модификация композитов в целях повышения его механических и теплофизических свойств.

В МГТУ им. Н.Э.Баумана разрабатывается ультразвуковая технология модификации композиционных материалов, основанная на пропитке армирующего компонента (ткани или ленты) суспензией, содержащей различные наноразмерные модификаторы [2-3].

Использование композиционных материалов, модифицированных указанным способом, в элементах конструкции летательных аппаратов требует применения методов математического моделирования на этапе проектирования конструкции. Для этого необходимо разработать расчетную модель данного материала.

В качестве допущения принято, что число наномодификаторов, проникших внутрь ткани, незначительно, и большая их часть остается на поверхности армирующего компонента. В таком случае при добавлении связующего во время изготовления многослойного композита на границе армирующего компонента образуется слой связующего, содержащего в своем объеме частицы наномодификатора.

В таком случае для расчета свойств многослойного композита, изготовленного из описанного материала, каждый его монослой можно рассматривать как композит, состоящий из слоев:

- 1) армирующего компонента (ткани или ленты);
- 2) пограничного слоя, представляющего собой связующее с наномодификаторами, равномерно распределенными по объему;
- 3) связующего без наномодификаторов.

Механические и теплофизические свойства армирующего компонента, связующего и наномодификатора полагаются известными. Пограничный слой рассчитывается по известным законам как хаотично армированный композит.

Направлением для дальнейших исследований является валидация представленной расчетной модели.

Список используемых источников:

1. Славин А.В. Перспективы применения полимерных композиционных материалов в авиационных конструкциях в 2025-2035 гг. (обзор) / А.В. Славин, К.И. Донецкий, А.В. Хрульков // Труды ВИАМ. — 2022. — №11 (117). — С. 81–92

2. Галиновский А.Л. Перспективы развития ультразвукового диспергирования суспензий / А.Л. Галиновский, М.Х. Чжо // Будущее машиностроения России 2022: сборник докладов. XV Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов (с международным участием) — Москва, 2023. — Т. 1. — С. 37–43.

3. Галиновский А.Л. Разработка метода гидроэрозионного насыщения жидкостей микрочастицами материалов мишеней с использованием ультразвуку / А.Л. Галиновский, М. Чжо, А.С. Проваторов // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. — 2020. — №3 (720) — С. 3–14

Обзор методов локального увеличения прочности конструкций из КМ в зоне отверстия

Петров П.А., Новикова Е.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Халиулин В.И.

КНИТУ-КАИ, Казань

В современном машиностроении конструкции проектируются и производятся инженерами с учетом жестких условий их эксплуатации. Постоянно растущие требования к увеличению прочностных характеристик конструкции, к повышению эффективности ее работы, к надежности и долговечности ее использования вызывают необходимость разрабатывать новые материалы, которые соответствовали бы максимальному числу требований, предъявляемых к конструкции.

В значительной мере все эти требования могут быть обеспечены использованием композиционных материалов (КМ). Такие материалы обладают рядом уникальных свойств, таких как высокая удельная прочность и жесткость, высокая износостойкость, устойчивость к коррозии, долговечность и др.

Однако композиционные материалы обладают и некоторыми недостатками. В работе мы обратим внимание на один из них. Эффективность использования композиционных материалов в машиностроении во многом зависит от качества соединения в зоне стыка элементов конструкции. Большинство разрушений конструкций из композиционных материалов происходит в зоне соединения.

Получение отверстий в композиционном материале обычно происходит путем сверления, что приводит к снижению их прочностных свойств, т.е. к появлению концентраторов напряжения в зоне отверстия, вследствие нарушения непрерывности волокон. Поэтому перед инженерами стоит задача в увеличении прочности конструкций в зоне отверстий. В данной работе мы рассмотрим возможности локального увеличения прочности конструкций из композиционных материалов в зоне отверстия. В литературе уже встречаются работы и исследования по этой теме.

Так, например, в работе [1] была сформулирована идея уменьшения концентрации напряжений за счет использования криволинейных волокон, «обтекающих» отверстие. Результаты исследования показали, что сравнивая композитную пластину с ортотропным армированием с круговым отверстием, пластина с использованием криволинейных волокон уменьшала коэффициент концентрации напряжений вблизи отверстия приблизительно в 1.5 раза.

Процесс сверления приводит к обрыву волокон, которые накладываются на отверстие, поэтому эти волокна становятся неактивными с точки зрения несущей способности [2]. Число таких совпадающих волокон увеличивается с увеличением диаметра отверстия. Решением этой проблемы является изготовление отверстий путем выравнивания армирующих волокон вокруг отверстий до отверждения композита. Таким образом, волокна остаются непрерывными и могут принимать активное участие в передаче нагрузки [2]. Образцы с формованными отверстиями сравнивали с их аналогами с просверленными отверстиями. Среднее увеличение несущей способности образцов с формованными отверстиями составило 12%, 25%, 28% и 24% при соотношении ширины к диаметру 4.23, 3.39, 2.82 и 2.37 соответственно [2].

Для увеличения локальной прочности втулки рулевого винта вертолета Ансат из композиционного материала в зоне отверстий использовали метод направленной укладки волокна TFR. Метод позволяет направлять волокна так, чтобы они соответствовали траекториям, по которым нагрузка проходит через конструкцию, при этом увеличивая жесткость и прочность конечного изделия [3]. Также технология направленной укладки волокна использовалась в работе по изготовлению образцов с усилением в виде обметки вокруг отверстий [4]. В ней использовался принцип увеличения локального коэффициента наполнения в зоне выполнения отверстий с созданием его градиента от кромок отверстия. Согласно исследованию [4] добавление нитей в трансверсальном направлении позволило

уменьшить концентрации напряжений у отверстия, а также изменило механизм разрушения от расслоения до разрушения волокон.

В рамках исследования были построены и проанализированы расчетные модели сегментов композитной конструкции с различными конфигурациями армирования в области отверстия. Приведен расчет НДС композиционного материала в зоне отверстия, а также представлены эпюры распределения запасов прочности возле отверстия. Сделаны выводы о наиболее предпочтительных методах повышения локальной прочности композитов в области отверстия.

Список используемых источников:

1. Прикладная механика и техническая физика // Полилов А.Н. Механизмы уменьшения концентрации напряжений в волокнистых композитах. — 2014. — Т.55, № 1. — С.196–197.
2. Sevkat, E.; Brahimi, M.; Berri, S. A novel manufacturing technique to improve bearing strength of pin loaded woven composites. *Adv. Compos. Lett.* 2011, 20, 80–86.
3. Tosh, M.W.; Kelly, D.W. On the design, manufacture and testing of trajectorial fibre steering for carbon fibre composite laminates. *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.* 2000, 31, 1047–1060.
4. Turki, Y.; Hebak, M.; Velasco, R.; Aboura, Z.; Khellil, K.; Vantomme, P. Experimental investigation of drilling damage and stitching effects on the mechanical behavior of carbon/epoxy composites. *Int. J. Mach. Tools Manuf.* 2014, 87, 61–72.

Вариант технологического подхода к решению задачи серийного производства изделий из керамоматричных КМ для перспективных ГТД

Петровская К.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Тимофеев П.А.

АО «Композит», Королёв

Современное развитие машиностроения невозможно без создания и внедрения новых композиционных материалов (КМ), а именно армированных углеродных материалов с керамической матрицей. Данные материалы широко применяются в химической, металлургической и аэрокосмической промышленности. Сохранение конструкционных качеств керамоматричных КМ при воздействии активных газовых сред и высоких температур предопределяет их применение в качестве основного конструкционного материала в авиационных газотурбинных двигателях (ГТД) нового поколения (створки, проставки, жаровые трубы, лопатки, сопло и т.д.).

Формирование керамической матрицы способствует повышению прочностных показателей при изгибе, сжатии и межслоевом сдвиге. Керамическая карбидокремниевая (SiC) матрица может быть получена с помощью различно жидко- и газофазных технологических методов. Одним из наиболее эффективных методов формирования SiC-матрицы является жидкофазное силицирование. Процесс силицирования заключается в объемной пропитке расплавом кремния пористого полуфабриката — УУКМ. Оптимальным результатом силицирования является практически беспористый углерод-керамический композиционный материал (УККМ) с однородно распределенным в нем SiC. Структурные характеристики являются одними из основных параметров пористого УУКМ, влияющими на процесс силицирования. В зависимости от армирующего каркаса и метода формирования углеродной матрицы УУКМ физико-механические и теплофизические свойства могут варьироваться в широком диапазоне. Степень пропитки расплавом кремния в значительной мере обусловлена характером пористой структуры и распределением пор в УУКМ (величиной объема пор, размерами и конфигурацией пор, их распределением по всему объему, доступностью для проникновения расплава). Изучение влияния структурных особенностей на реакционную способность с кремнием и степень пропитки расплавом кремния пористых УУКМ может позволить регулировать фазовый состав силицированных материалов в широком диапазоне, а также физико-механические и теплофизические свойства УККМ.

Список используемых источников:

1. Гаршин А.П., Кулик В.И., Нилов А.С. Анализ возникновения, характеристика и способы минимизации технологических дефектов в керамических композитах с SiC-матрицей, получаемых методом жидкофазного силицирования // Новые огнеупоры. — 2019. — №8. — С. 23–33.
2. Михеев П.В., Бухаров С.В., Лебедев А.К. Моделирование схем пространственного армирования многослойных волокнистых преформ УУКМ // Успехи кибернетики. — 2022. — №3. — С. 63–73.
3. Тюрина С.А., Юдин Г.А., Дальская Г.Ю. Особенности структурообразования композиционного материала C-SiC в процессе инфильтрации углеродной основы жидким кремнием // Международный научно-исследовательский журнал. — 2023. — №3. — 10 с.
4. Kumar S., Kumar A., Shukla A. Capillary infiltration studies of liquids into 3D-stitched C-C preforms Part A: Internal pore characterization by solvent infiltration, mercury porosimetry, and permeability studies // Journal of the European Ceramic Society. — 2009. — 2643–2650 p.

Термохимическая стойкость образцов из углерод-углеродного композиционного материала

Родионова А.С.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Бухаров С.В.

МАИ, Москва

Углерод-углеродные композиционные материалы (УУКМ) — это уникальные материалы с точки зрения их термических и механических свойств. Такие свойства, как высокие физико-механические и теплофизические характеристики, устойчивость к высокотемпературной абляции, низкая плотность и другие отличительные характеристики, делают УУКМ материалом, идеально подходящим для применения в авиационной и ракетно-космической отраслях [1]. В безвоздушной среде при температурах свыше 1000 °С предел прочности УУКМ превышает предел прочности керамики и современных жаропрочных металлических сплавов. Прочность и жесткость УУКМ возрастают, при увеличении температуры обработки до 2200 °С, за счет улучшения сцепления между волокном и матрицей [2].

Традиционно УУКМ применяются в современной авиационной и ракетно-космической технике для изготовления головных обтекателей, передних кромок крыла, деталей горячего тракта РДТТ, сопловых насадок ЖРД, способных выдерживать воздействие больших температур и механические нагрузки [3,4]. Как правило, во всех этих конструкциях детали из УУКМ эксплуатируются в средах с невысоким окислительным потенциалом, или длительность их работы не превышает нескольких сотен секунд. Это связано с тем, что при всех своих преимуществах, УУКМ начинают интенсивно окисляться в кислородсодержащих средах при температуре 400 °С [5, 6]. Поэтому исследование абляционных характеристик УУКМ является актуальной проблемой материаловедения.

В данной работе для исследований термохимических процессов были использованы образцы на основе углеродных волокнистых наполнителей в виде стержней, состоящих из трёх пучков углеродного волокна, и углеродной матрицы на основе пека. Каждый стержень располагают под углом 120° друг к другу в плоскости XY, получая массив шестиугольной формы в направлении Z.

Проведено экспериментальное исследование углерод-углеродного композита в высокотемпературном потоке газов при помощи установки для исследования теплозащитных свойств [7]. Образцы были помещены в державку установки так, чтобы плоскость XY была перпендикулярна газовому потоку. Во время проведения испытаний образцы подвергались термохимическому воздействию высокотемпературного и высокоэнтропийного потока газов. Температура на поверхности образца доходила до плюс 2700 °С, давление в системе подачи газов до 10 атм. Были исследованы скорость уноса, абляционные характеристики и микроструктура.

Список используемых источников:

1. Киселев А.И., Медведев А.А., Меньшиков В.А. Космонавтика на рубеже тысячелетий. Итоги и перспективы. М.: Машиностроение-Полет, 2001. 672 с.
2. G.A. Rozak, Mechanical Behavior of Carbon-Carbon Composites, NASA Contractor Report # 174767, (1984).
3. Тимофеев А.Н. Высокотемпературные керамоматричные композиционные материалы // Перспективные материалы. 2008. Март, спец. выпуск. С. 9–15.
4. Christin F. A global approach to fiber nD architectures and self sealing matrices from research to production // Proceed. 5-th Int. Conf. on High-Temperature Ceramic Matrix Composites, HTCMC 5. Seattle (WA), 2004. P. 477–483
5. Патент РФ № 2808762. Белогорлов А.А., Гареев А.Р., Самойлов В.М., Карпов А.П., Панин М.И. установка для исследования теплозащитных свойств материалов в высокотемпературном потоке газов. Патентообладатель: АО «НИИГрафит». Заявка № 2023106087 от 15.03.2023, опубликовано 04.12.2023, бюл. № 34.

Модифицирование поверхности пленок полифениленоксида в плазме постоянного тока

Розанова Н.Н., Зиновьев А.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Симонов-Емельянов И.Д.
РТУ МИРЭА, Москва

Полифениленоксид (ПФО) — частично-кристаллический синтетический термопластичный полимер, имеющий большой свободный объем, вследствие этого он является перспективным материалом для изготовления газоразделительных и пермеационных мембран. Коэффициент идеальной селективности по паре O_2/N_2 у ПФО равен 4,2, что делает его пригодным для промышленного производства мембран, но в то же время не является высоким показателем относительно других полимеров, используемых в этой области. Поэтому задача повышения коэффициента идеальной селективности без потери проницаемости является актуальной на сегодняшний день.

Существует несколько методов модификации полимерных пленок для улучшения газоразделительных свойств, одним из наиболее развивающихся является обработка в низкотемпературной плазме. Данный метод практически не наносит вред окружающей среде, в отличие от химической обработки. Ранее нами уже был получен положительный опыт по модификации в разряде постоянного тока пленок ПВТМС: при обработке на аноде удалось значительно увеличить коэффициент идеальной селективности с 3,8 до 10 по O_2/N_2 , что считается отличным показателем для данной пары [2]. В связи с этим было решено рассмотреть влияние модификации поверхности на газоразделительные свойства пленок ПФО.

Целью работы является изучение воздействия разряда постоянного тока при пониженном давлении в атмосфере фильтрованного воздуха на пленки ПФО, помещенные на анод и катод, для улучшения газоразделительных свойств. Объект исследования — гомогенные полимерные пленки ПФО, полученные методом полива поливом 3 масс. % раствор полимера на целлофан, растворителем являлся хлороформ, толщина пленок ~30 мкм. Обработка поверхности пленок проводилась в плазме постоянного тока в атмосфере воздуха ($p=15$ Па, $t=10-70$ с, $I=50$ мА). Были проведены исследования поверхностных свойств исходной и модифицированных пленок методом измерения краевого угла смачивания по воде и глицерину, по полученным значениям рассчитана поверхностная энергия, ее полярный и дисперсионный компонент.

Изменения химической структуры поверхности после модификации изучены методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, морфологии — методом атомно-силовой микроскопии. После обработки в низкотемпературной плазме коэффициент идеальной селективности α повысился с 4,2 до 5,2.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, номер темы: FFSM-2021-0006.

Список используемых источников:

1. Bhole Y.S. Nitration and amination of polyphenylene oxide: Synthesis, gas sorption and permeation analysis // Bhole Y.S., Karadkar P.B., Kharul U.K.// European Polymer Journal. 2007 V. 43 P. 1450 — P. 1459.
2. Zinoviev A. V., Piskarev M. S., Skryleva E. A., Senatulin B. R., Gatin A. K., Gilman A. B., Syrtsova D. A., Teplyakov V.V., Kuznetsov A. A. Modification of Polyvinyltrimethylsilane in Direct-Current Discharge // High Energy Chemistry. 2021. V.55. №5. P. 407–413.

Трещиностойкость термопластичных стекло- и органокомпозитов, полученных по волоконной технологии

Салиенко А.Н.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Бабаевский П.Г.
МАИ, Москва

Сочетание высокой удельной прочности и стойкости к различного рода повреждениям, делает слоистые термопластичные композиционные материалы (ТКМ) все более востребованными в авиационной и ракетной технике. Наиболее эффективная с точки зрения обеспечения стабильности свойств слоистых ТКМ и многообразия изготавливаемых изделий является волоконная технология, суть которой заключается в том, что матричные плавкие термопластичные волокна вплетаются в текстуру армирующих неплавких волокон — органических, стеклянных и т.п.) образуя регулярные тканые или хаотичные нетканые структуры волокнистых полуфабрикатов. В процессе формирования полуфабрикатов плавкие матричные волокна переходят в вязко-текучее состояние и формируют матрицу ТКМ [1]. При очевидных технологических преимуществах слоистые ТКМ, полученные по волоконной технологии, в процессе эксплуатации склонны к образованию и распространению межслоевых дефектов в виде трещин.

Целью данной работы является экспериментальное определение и численное моделирование межслоевой трещиностойкости термопластичных стекло- и органокомпозитов, полученных по волоконной технологии.

Межслоевую трещиностойкость слоистых ТКМ при нагружении по моде I определяли стандартным методом. Локальные межслоевую прочность и предельную деформацию при растяжении (σ_{IC} , δI_{max}) определяли разработанным нестандартным методом разрушения [2]. Испытывали образцы однонаправленных слоистых ТКМ на основе поликапроамидной матрицы стеклянных (ПАП-С) и органических (ПАП-Т и ПАП-Ф) армирующих волокон (Т-терлон, Ф-фенилон) толщиной 4 мм, вырезанные из пластин, полученных методом прессования из тканых полуфабрикатов. Численное моделирование и оценку межслоевой трещиностойкости осуществляли с использованием метода конечных элементов и экспоненциального, билинейного и трилинейного законов когезионной зоны (ЗКЗ) в программном комплексе «ANSYS» с использованием локальных межслоевых свойств как параметров когезионной зоны. Установлены оптимальные длины интерфейсных элементов для экспоненциального и трилинейного ЗКЗ. Проведено сопоставление результатов численного анализа, основанного на экспериментально установленных параметрах когезионной зоны и данных экспериментов по определению начальной нагрузки на расслоение для изученных случаев. Результаты численного моделирования для всех исследуемых композитных материалов хорошо соответствуют результатам экспериментов. При оптимизации длины конечных элементов с использованием трилинейной модели когезионной зоны до 0,5 мм и экспоненциальной модели до 0,1 мм, погрешность определения нагрузки, приводящей к инициированию роста трещины, не превышает 6,4%. Билинейный ЗКЗ при минимальной длине ИЭ 0,1 мм даёт значительное 23% (ПАП-Т), 47% (ПАП-Ф) и 42% (ПАП-С) расхождение результатов моделирования с экспериментальными данными.

Список используемых источников:

1. Волоконная технология переработки термопластичных композиционных материалов / Под ред. Г.С.Головкина. — М.: Изд-во МАИ, 1993. — 232 с.
2. Бабаевский П.Г., Салиенко Н.В., Новиков Г.В. Использование экспериментально определенных параметров когезионной зоны при численной оценке устойчивости к расслоению полимерных композитов — «Перспективные материалы», 2019, №3. с. 74–81.

Эпоксидные связующие на основе олигомеров аминифенольного типа

Ходева С.И.

Научный руководитель — к.х.н. Гребенева Т.А.

АО «Препрег-СКМ», Москва

Эпоксидные олигомеры представляют собой огромный класс синтетических полимеров, характерной особенностью которых является их возможность в ходе реакции отверждения переходить в полимеры сетчатой структуры, что позволяет получать различные пластические материалы.

Связующие на основе эпоксидных олигомеров традиционно занимают одно из ведущих мест в производстве полимерных композиционных материалов (ПКМ) (85% от общего объема термореактивных связующих). Основные преимущества этих термореактивных композиций: хорошие технологические свойства; хорошая адгезия к большому числу наполнителей; отсутствие выделения летучих побочных продуктов при отверждении; пониженная усадка по сравнению с фенольными и полиэфирными материалами; возможность их широкой модификации с целью снижения хрупкости, повышения тепло- и химстойкости.

Для реализации повышенных технических требований к эксплуатационным характеристикам, создаваемых полимерных композиционных материалов (ПКМ) и изделий на их основе, необходимо использование новых эпоксидных связующих, разработка которых невозможна без применения передовых тенденций в области материаловедения. Создаваемые современные полимерные связующие должны обеспечивать реализацию в армированных материалах максимально возможные показатели прочностных свойств и теплостойкости, оптимально сочетать в себе комплекс улучшенных технологических характеристик.

Эпоксидные олигомеры с улучшенными эксплуатационными свойствами по сравнению с диановыми относят к категории специальных. Особо ценными считаются эпоксидные смолы, для которых характерна повышенная теплостойкость. Широко распространенными эпоксидными смолами с повышенной теплостойкостью и улучшенными физико-механическими свойствами являются смолы на основе аминифенолов, в частности N,N-диглицидил-4-глицидилоксианилин и N,N-диглицидил-3-глицидилоксианилин, получаемые реакцией эпихлоргидрина (ЭХГ) с пара- и метагидроксианилином соответственно. Одним из преимуществ этих смол является их низкая вязкость, что позволяет использовать их без растворителя [1].

При сравнении представленных смол было замечено, что мета-изомер является более реакционноспособным и обладает более высоким модулем упругости. Однако триглицидилпроизводные пара-аминофенолы отличаются большей термостойкостью отвержденного полимера и плотностью поперечных связей. В основном данные смолы применяют как основу композиционных связующих, а также в качестве модификатора с целью ускорения процесса отверждения и повышения теплостойкости готового материала [2].

Также к особенностям азотсодержащих смол можно отнести их легкое отверждение при невысоких температурах ангидридами и другими кислотными сшивающими отвердителями, что выделяет данные смолы от диановых эпоксидных смол [3].

За счет наличия большого количества эпоксидных групп можно получить композиции с высокой степенью сшивки, вследствие чего получается более жесткая полимерная сеть. Благодаря высокой жесткости сети повышается прочность полимера [4].

На основе аминэпоксидных смол различной функциональности и строения специалистами АО «Препрег-СКМ» разработан состав и технология изготовления эпоксидного связующего марки АСМ 1412 для ПКМ, применяемых в конструкциях в зонах

повышенных температур, с температурой эксплуатации до 150°C. Температура стеклования отвержденного образца связующего марки АСМ 1412, определенная методом динамического механического анализа (ДМА), составляет $T_{gdry} = 200^\circ\text{C}$, а после его влагонасыщения (кипчение в течении 24 часа, $W = 2,8\%$) $T_{gwet} = 168^\circ\text{C}$.

В настоящее время также высока потребность в высокотехнологичных клеях для силового монтажа конструкций из разнородных материалов (композитные/металлические/сотовые структуры и др.), в том числе пригодных для процессов, когда склеивание и формование деталей происходит за один технологический цикл. Использование таких клеев весьма перспективно для обеспечения виброустойчивости и ударной прочности клеевых соединений в условиях длительного воздействия повышенных температурных и механических нагрузок.

Специалистами АО «Препрег-СКМ» на основе аминоксидных смол разработан состав и технология изготовления эпоксидного клеевого связующего марки АСМ 1412К, в котором достигнуто оптимальное сочетание прочностных характеристик и теплостойкости.

Температура стеклования отвержденных образцов эпоксидного клеевого связующего, определенная методом ДМА, соответствует $T_{gdry} = 181^\circ\text{C}$, а прочность при сдвиге клеевых соединений при температуре 20°C составляет 26,6 МПа (среднее значение), а при 120°C — 27,1 МПа (среднее значение). Полученные результаты демонстрируют равнопрочность созданного клея при комнатной и повышенной температуре.

Таким образом, ПКМ на основе связующего марки АСМ 1412, а также пленочного клея марки АСМ 1412К, пригодны для создания изделий конструкционного назначения в авиационной, космической, автомобиле-, судостроительной промышленности, железнодорожном транспорте и других областях техники.

Список используемых источников:

1. Curing behavior, thermal, and mechanical properties of epoxy resins cured with a novel liquid crystalline dicarboxylic acid curing agent / Sinh [et al.] — 2013 — Polymer Engineering and Science — Wiley Online Library [Electronic resource] // URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pen.23585> (accessed: 07.01.2022).

2. Чурсова Л.В. и др. Эпоксидные смолы, отвердители, модификаторы и связующие а их основе. Санкт-Петербург: ЦОП «Профессия», 2020. 576 с.

3. Кардашов Д.А., Петрова А.П. Полимерные клеи. Создание и применение. Москва: Химия, 1983. 256 с.

4. Effect of Fabrication Method on Thermo-mechanical Properties of an Epoxy Composite // Dehghan M. [et al.] The Journal of Adhesion. Taylor & Francis, 2014. Vol. 90, № 5–6. P. 368–383.

Получение и исследование окислительной стойкости покрытия $\text{ZrB}_2\text{-ZrC-SiSi}_2\text{-MoSi}_2/\text{SiC}$ на УУКМ

Царева У.С.

Научный руководитель — к.т.н. Астапов А.Н.

МАИ, Москва

Углерод-углеродные композиционные материалы (УУКМ) являются весьма перспективными для использования в горячих элементах конструкций скоростных маневрирующих летательных аппаратов и проточных трактах двигательных установок, для создания инфракрасных нагревательных элементов для проведения теплопрочностных испытаний различных конструкций и прочее. Основным недостатком УУКМ является низкая жаростойкость в окислительных средах, обуславливающая потерю механических характеристик [1, 2]. Для защиты УУКМ от выгорания на их поверхность наносят антиокислительные покрытия на основе силицидных систем или боридно-карбидных систем, содержащих SiC. Настоящая работа посвящена получению и исследованию перспективного защитного покрытия в системе $\text{ZrB}_2\text{-ZrC-ZrSi}_2\text{-MoSi}_2/\text{SiC}$.

Покрытие получали на образцах УУКМ методом обжигового наплавления слоев из порошковой смеси в системе $\text{ZrB}_2\text{-ZrSi}_2\text{-MoSi}_2\text{-Si}$. В качестве связующего использовали раствор коллоксилина в амилацетате и диэтилоксалате. Термическую обработку проводили

до температуры 1740 °С в вакуумной печи СШВЭ-1.2.5/25 И2 при давлении аргона в камере 150–200 Па. Установлено, что на поверхности УУКМ формируется двухслойное компактное покрытие. Наружный слой толщиной 110-130 мкм представлен равномерно распределенными частицами ZrB_2 , ZrC и $MoSi_2$ в матрице из $ZrSi_2$. Синтез фазы ZrC осуществляется *in situ* в результате химического взаимодействия в системе $ZrSi_2$ -C. Углерод образуется вследствие пиролиза связующего в процессе термообработки, а также в результате диффузии из подложки. Внутренний слой толщиной 6-8 мкм представлен SiC , формирующимся в результате силицирования поверхности УУКМ.

Выполнена оценка тепловых напряжений в подложке и слоях покрытия при плавном охлаждении с температуры плавления фазы $ZrSi_2$ (1620 °С) до 25 °С. Рассмотрена одноосевая задача термоупругости в постановке для плоского напряженного состояния. Оценка напряжений осуществлена в безмоментном приближении (без учета изгиба) в предположении постоянства температуры по толщине пакета. Построены температурные зависимости тепловых напряжений в отмеченных слоях.

Испытания образцов на окислительную стойкость проводили путем прямого пропускания тока через них в воздушной среде. Программа испытания образцов включала их нагрев до 1800 °С со скоростью 20 °С/сек, выдержку 10 сек при данной температуре и далее ступенчатый нагрев до 2100 °С с выдержкой 5-10 сек через каждые 100 °С. Количество термоциклов по указанному режиму до разрушения образцов составило 5. При этом суммарная продолжительность выдержки каждого образца при температуре 2100 °С составила не менее 35 сек, а общая продолжительность наработки — 1500 сек. В настоящий момент времени проводятся структурные исследования образцов после испытаний с целью установления механизмов работоспособности покрытия и определения рациональных путей совершенствования разработки.

Список используемых источников:

1. Царева У.С. Механизм разупрочнения УУКМ в условиях низкотемпературного окисления // Сборник тезисов работ XLIX Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения — 2023». Москва, 11 — 14 апреля 2023 г. — М.: Изд-во «Перо», 2023. — 7,43 Мб. [Электронный ресурс]. — С. 654–655.
2. Сандин А.С. Анализ зависимости механической прочности УУКМ в условиях объемного выгорания матрицы // Сборник тезисов работ XLIX Международной молодежной научной конференции «Гагаринские чтения — 2023». Москва, 11 — 14 апреля 2023 г. — М.: Изд-во «Перо», 2023. — 7,43 Мб. [Электронный ресурс]. — С. 650–651.

Разработка полировального материала для обработки стеклянных поверхностей

Шаговская В.С., Титов В.А.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Нечаев И.В.

СамГТУ, Самара

При изготовлении оптических деталей для получения точных и чистых стеклянных поверхностей применяют методы абразивной обработки, такие как доводка и полирование [1, 2]. В настоящее время основным методом обработки стеклянных поверхностей является полировка свободным абразивом в виде суспензий. Недостатком данного метода является расход большого количества полирующих порошков и, как следствие, увеличение стоимости обработки.

Цель работы заключалась в разработке полировального материала для обработки стеклянных поверхностей.

Разрабатываемый материал представляет собой полимер-абразивный композит, матрицей которого является термореактивный полимер, а наполнителем — абразивный материал. С целью подбора оптимального компонентного состава полировального материала было оценено применение бакелита жидкого и эпоксидной смолы в качестве матрицы, алмаза фракции 14/10 и оксида церия в качестве наполнителя. Для оценки полировальной

способности разрабатываемого материала были изготовлены опытные образцы следующих составов:

- 1) эпоксидная смола — 45 %, алмаз фракции 14/10 — 50 %, отвердитель ТЭТА — 5 %;
- 2) эпоксидная смола — 45 %, алмаз фракции 14/10 — 40 %, оксид церия — 10 %, отвердитель ТЭТА — 5 %;
- 3) бакелит жидкий — 25 %, алмаз фракции 14/10 — 60 %, неорганические добавки — 15 %;
- 4) бакелит жидкий — 30 %, алмаз фракции 14/10 — 40 %, оксид церия — 10 %, неорганические добавки — 20 %.

Триботехнические испытания были проведены методом «мокрого» трения путем определения полировальной способности стеклянной пластины об опытный образец. В качестве стеклянной пластины использовали матовую и прозрачную.

Режимы испытаний при трении стеклянной пластины об опытные образцы:

- Схема испытаний «плоскость-стекло»;
- Контр образец — стекло;
- Нормальная нагрузка — 10 кгс;
- Частота вращения инструмента-образца — 580 об/мин;
- Длительность испытаний — 15 минут;
- Контролируемые параметры — нормальная нагрузка, момент трения.

Результаты испытаний показали, что образцы на основе эпоксидной смолы (№ 1 и № 2) обладают небольшой полировальной способностью при трении о стеклянные пластины (весовой износ пластины от 0,0015 до 0,0059 г). При этом происходит незначительный износ самих опытных образцов (от 0,0013 до 0,0016 г), что говорит об обновлении поверхности образцов.

Результаты испытаний образцов на основе бакелита жидкого (№ 3 и № 4) показали, что они обладают хорошей полировальной способностью при трении о стеклянные пластины (весовой износ пластины от 0,0255 до 0,0493 г). При этом также происходит износ самих опытных образцов (от 0,0214 до 0,0657 г), что говорит об обновлении поверхности образцов. Добавление оксида церия в состав полировального материала позволяет увеличить износ стеклянной пластины примерно в два раза по сравнению с образцом полировального материала без него.

Исходя из результатов испытаний можно сделать вывод о том, что состав № 4 является оптимальным для обработки твердых стекол.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания (тема № АААА-А12-2110800012-0).

Список используемых источников:

1. Алейников Ф.К. Финишные операции // Журнал технической физики. 1957. Т. 27. № 129. С. 2725.
2. Винокуров В.М. Исследование процесса полировки стекла. М.: Машиностроение, 1967. 196 с.

Влияние электрического поля на структурообразование в отверждающихся реакто-термопластичных системах

Шаров К.И.

Научный руководитель — к.х.н. Шапагин А.В.

ИФХЭ им. А.Н. Фрумкина РАН, Москва

Современные полимерные отверждающиеся компаунды представляют собой многокомпонентные реакто-термопластичные системы, характеризующиеся гетерогенной структурой (матрица-дисперсия, взаимопроникающие фазы и инвертированная матрица-дисперсия). Фазовая структура, формирующаяся в процессе химической реакции отверждения, определяется фазовыми равновесиями исходных систем и их эволюцией, сопровождаемой изменением диффузионных констант в процессе отверждения. Таким

образом, структуру можно регулировать технологическими параметрами (температура, концентрация) и изменением молекулярных масс исходных компонентов. Получение требуемых свойств материала посредством формирования необходимой фазовой структуры часто не согласуется с технологическими свойствами компаунда, например, вязкостью. В этой связи, нами проведены исследования по изучению влияния внешнего технологического воздействия (электрического поля) на регулирование фазовой структуры отверждающихся композиций, что расширит технологические возможности получения полимерных композиционных материалов, обладающих комплексом требуемых эксплуатационных характеристик.

Объекты исследования — отвержденные системы эпоксидный олигомер (ЭД-20) — поликапролактон (ПКЛ) — 4,4' — диаминдифенилсульфон (ДДС). Отверждение проводили при температуре 180 °С в электрическом поле 9000В на субстрате, оборудованном медными гребенчатыми электродами. Электрическое поле создавали высоковольтным источником питания НТ-15-20Р (Россия). Фазовую структуру исследовали методом сканирующей электронной микроскопии на Jeol JSM 6060А (Япония).

Получены СЭМ-изображения отвержденных систем — эпоксидный олигомер (ЭО), модифицированный поликапролактоном (5–30 м.ч. относительно ЭО). Выявлено влияние электрического поля на структурообразование: тип фазовой структуры, размеры и ориентацию структурных элементов. Установлено, что в системах, отвержденных в электрическом поле и имеющих фазовую структуру типа «матрица-дисперсия», ширина распределения фаз по размерам заметно сужается, размер фаз уменьшается, а их количество на единицу площади увеличивается. В системах, имеющих фазовую структуру типа «взаимопроникающие фазы», отверждение в электрическом поле изменяет соотношение объемных долей фаз относительно системы отвержденной вне электрического поля. Показано, что независимо от типа фазовой структуры в системах, отвержденных в электрическом поле, распределение фаз становится более регулярным, а изменение объемных долей сосуществующих фаз коррелирует со смещением фазовой диаграммы по оси концентраций.

Таким образом, выявлен факт влияния электрического поля при отверждении реакто-термопластичных систем без изменения физико-химических и технологических параметров на формирующуюся фазовую структуру, подчиняющийся моделированию смещением фазовой диаграммы по шкале концентраций в сторону концентрированных по эпоксиду растворов.

Современные эпоксидные клеи авиационного назначения

Шеломенцев И.В.

Научный руководитель — к.х.н. Гребенева Т.А.

АО «Препрег-СКМ», Москва

Клеи представляют собой многокомпонентные композиции на основе органических и неорганических составляющих, которые могут временно или постоянно соединять различные металлические или неметаллические материалы с помощью поверхностных и внутренних сил в самом клее (адгезии и когезии). Термоактивные клеи играют важную роль практически во всех промышленных областях склеивания. При воздействии определенных температур в течение заданного времени молекулы термоактивного клея вступают в химическую реакцию отверждения, в ходе которой образуются жесткие полимерные сетчатые структуры ответственные за физические и химические свойства термоактивных клеев.

Клеи на основе эпоксидной смолы обладают высокой прочностью, отличной адгезией к множеству металлических и неметаллических материалов, небольшой усадкой во время и после отверждения, а также превосходной стойкостью к химическим веществам и повышенным температурам. Также, варьируя состав композиции с помощью различных эпоксидных смол и отвердителей, можно добиться необходимых специфических свойств конечного продукта.

В свою очередь различают два вида эпоксидных клеев: жидкие двухкомпонентные и пленочные клеи. Каждый из них обладает рядом собственных преимуществ, а именно — состав композиции, свойства и область применения. Жидкие двухкомпонентные клеи, способные отверждаться без дополнительного нагрева, широко используются в тех случаях, когда из-за технологического процесса нагрев при склеивании затруднен или невозможен. Как известно, процесс отверждения при комнатной температуре можно контролировать в пределах от нескольких минут до нескольких суток, изменяя состав отверждающей системы. Обычно такая система состоит из смеси первичных и вторичных аминов (полиоксиалкилендиаминов, ациклических, алифатических и других полиаминов) и активных аминных катализаторов, являющихся N-нуклеофильными реагентами. Изменение состава и соотношения компонентов в отверждающей системе позволяет добиться желаемого значения таких характеристик, как технологическая жизнеспособность, продолжительность отверждения, а также помогает формировать клеевые соединения с повышенными термомеханическими свойствами. Включение в состав композиции высокой доли высокомолекулярных полимеров, которые выполняют функцию загустителя или же модификатора пленочных свойств, отличают пленочные клеи от жидких. Наиболее применяемыми полимерами являются новолачные фенолформальдегидные смолы, фенокисмолы, полисульфоны, полиэфирсульфоны или их смеси. Также разработчики клеев активно используют химический прием получения пленочных свойств клеевой композиции путем перевода ее в В-стадию. Для повышения технологичности пленочных клеев их армируют стеклотканью или вуалью на основе полиэтилентерефталата, полиэфира, полиимида и других. Армированный клей получают отливкой или каландрированием на армирующую волокнистую подложку клеевого связующего.

Специалистами компании АО «Препрег-СКМ» разработан двухкомпонентный эпоксидный клей марки АСМ12К (аналог Henkel Hysol® EA 9396). Данная композиция практически не имеет неприятного запаха, обладает оптимальным временем гелеобразования при комнатной температуре, кратковременным энергоэффективным режимом отверждения и повышенными термомеханическими и прочностными характеристиками. При испытании композиции на сдвиг клеевого соединения по ГОСТ 14759 при температуре 23 °С получено среднее значение 25 МПа. Предполагаемой областью применения эпоксидного двухкомпонентного клея АСМ12К является его использование в составе ремонтных ламелей при проведении ремонтно-восстановительных работ для устранения таких дефектов, как вмятины, нарушения несущей обшивки и расслоения в металлических и композитных панельных конструкциях. Другой разработкой специалистов АО «Препрег-СКМ» является пленочный армированный клей марки АСМ102FM (аналог Cytec Hysol® FM-73), который обладает высокоэластическими и высокопрочными свойствами. Проведены испытания на сдвиг клеевого соединения по ГОСТ 14759 при температуре 23 °С, в ходе которых получены средние значения для пленочного клея с армированием (24 МПа) и без армирования (29 МПа). Также введенный в него органический краситель дает возможность регулировать и контролировать процесс склеивания, нанесения и визуально оценивать клеевые галтели, что позволяет отслеживать дефекты клеевого шва и получать качественные изделия. Данный клей обеспечивает создание композитных конструкций с высоким ресурсом и надежностью в эксплуатации.

Подводя итоги, специалистами АО «Препрег-СКМ» разработаны два различных типа эпоксидного клея, соответствующие современным требованиям. Полученные характеристики данных композиций позволяют предположить их широкое применение.

Нанокристаллические полисахариды: получение, исследование и модифицирование

Шилкова А.А.

Научный руководитель — д.х.н. Демина Т.С.

МАИ, Москва

Многие части растений и некоторые ткани живых организмов (древесина, панцири членистоногих и т.п.) представляют собой природные композиционные материалы с высокими деформационно-прочностными характеристиками. Данная особенность обусловлена их сложным иерархическим строением и составом. Основным компонентом большинства таких природных композитов являются структурные полисахариды: целлюлоза и хитин. В сочетании с минеральными компонентами структурные полисахариды обеспечивают прочность природных композиционных материалов, т.к. их надмолекулярная структура состоит из фибрилл с чередующимися наноразмерными аморфными и кристаллическими доменами. При селективном гидролизе аморфной фазы структурных полисахаридов можно выделить нанокристаллические частицы, характеристики которых будут различаться в зависимости от источника и метода выделения. Полученные таким образом наночастицы из структурных полисахаридов имеют анизометричную морфологию и могут успешно применяться в качестве биodeградирующих упрочняющих наполнителей.

Целью работы является изучение и модифицирование минеральными компонентами нанокристаллических полисахаридов (целлюлозы и хитина), выделенных из природного сырья.

В работе исследованы образцы нанокристаллического хитина (НКХ) и целлюлозы (НКЦ) выделенные из панциря ракообразных и растительного сырья соответственно. Размеры наночастиц исследовали с помощью динамического лазерного светорассеяния их дисперсий в воде, а морфологию и размер НКХ и НКЦ с использованием атомно-силовой микроскопии. Исследован также процесс модифицирования нанокристаллических полисахаридов путём их биоминерализации. Для этого в 1 мас.% водную суспензию нанокристаллических полисахаридов добавляли водные растворы $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (0.02 моль/л) и $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (0.0334 моль/л), выдерживали в течение 2.5 часов при 40°C при постоянном перемешивании 600 об/мин и pH 9-10, достигаемом добавлением NH_4OH . Суспензию полученных гибридных наночастиц исследовали с помощью динамического лазерного светорассеяния, а также оценивали возможность получения из них материалов.

Список используемых источников:

1. J. Huang, P. R. Chang, and N. Lin, Polysaccharide-Based Nanocrystals: Chemistry and Applications, Wiley, Hoboken, NJ, USA, 2015.

Направление №9 Экономика и менеджмент предприятий аэрокосмического комплекса

Секция №9.1 Экономика и менеджмент высокотехнологичных предприятий аэрокосмической сферы

Мотивация, как инструмент маркетинга персонала в сфере авиастроения на примере предприятия ОКБ Сухого

Андреева М.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Землянская Н.Б.

МАИ, Москва

В современном мире, в том числе и в России, мотивация, как инструмент маркетинга персонала имеет очень важное значение для развития компании. Понятие «маркетинг персонала» новое для российского рынка. Сущность маркетинга персонала заключается в привлечении ценных кадров, которые обладают необходимыми компетенциями, снижении временных издержек на поиск и найм потенциальных сотрудников, использование инструментов мотивации и др. Данная совокупность позволяет удерживать квалифицированных специалистов для улучшения эффективности предприятия.

Можно сказать, что маркетинг персонала направлен на развитие привлекательности бренда компании для привлечения будущих специалистов, обладающими профессиональными качествами, создание комфортных условий для работы, которые дают возможность использовать кадры для получения лучших результатов и эффективности компании. Все это актуально практически для любой сферы деятельности и особенно для сферы авиастроения, где уровень квалификации персонала является одним из параметров, обеспечивающих конкурентное преимущество.

В данной работе будет рассмотрен ключевой инструмент маркетинга персонала, такой как «мотивация» на примере ОКБ Сухого.

Опытно-конструкторское бюро Сухого является одним из ведущих российских предприятий, названное в честь Павла Осиповича Сухого — советского авиаконструктора. С 1 июня 2022 года является обособленным подразделением ПАО «ОАК». ОКБ «Сухой» разрабатывает авиационную технику военного и гражданского назначения в соответствии с потребностями рынка и задачами национальной безопасности.

В настоящее время предприятие входит в тройку лидеров по объемам выпуска современных истребителей, благодаря высокой квалификации своих сотрудников.

Военные самолеты марки «СУ» — продукция, которую выпускает ОКБ Сухого. Именно самолеты «СУ» являются лидерами среди образцов авиационной техники на мировом рынке. Они составляют большую часть фронтальной авиации России. На данный момент создано около 100 видов самолетов этой марки. Свыше 2000 самолетов поставлены в 30 стран мира. На самолетах «Су» установлено более 50 мировых рекордов.

Система мотивации персонала должна обеспечивать реализацию поставленных перед предприятием стратегических целей и задач. Например, чтобы достичь таких стратегических целей, как рост качества продукции авиапредприятия и ее сервисного обслуживания, необходимо обеспечить производственные бизнес-процессы на предприятии квалифицированными кадрами за счет удержания и привлечения специалистов необходимой квалификации, а также, время от времени, повышать квалификацию и развивать компетенции персонала авиапредприятия. Стоит задаться двумя ключевыми вопросами:

Каким образом стоит привлекать сотрудников на ОКБ «Сухой»?

- конкурентоспособным уровнем заработной платы;

- системой прогрессивного вознаграждения за результаты работы;
- уровнем социальной защищенности работников и дополнительными социальными гарантиями;
- обеспечение возможностей профессионального роста и обучения;
- планированием карьеры каждого сотрудника и обучения, развитием
- профессиональных навыков, знаний и умений;
- укреплением корпоративных традиций и ценностей;
- улучшением морально-психологического климата в коллективе.

Что входит в систему мотивации ОКБ «Сухого» и какой можно сделать из этого вывод?

Если говорить о системе материального стимулирования, то увеличение денежных выплат сотруднику пропорционально стажу дестимулирует не только самого сотрудника к развитию и улучшению результатов труда, но и негативно влияет на других сотрудников — с меньшим стажем, которые чувствуют несправедливость в оплате и недооцененность результатов своего труда. Такая система должна быть улучшена за счет введения более четкой зависимости между результатами и размером денежных выплат конкретному сотруднику на конкретном рабочем месте.

Методы и инструменты мотивации косвенного материального стимулирования на предприятии охватывают практически все представленные на рынке альтернативы. Например, ДМС.

Инструменты морального стимулирования на предприятии и других компаний, конкурирующих за специалистов на рынке труда, показывают, что в целом набор моральных стимулов, используемых в компании, достаточно полон и разнообразен и соответствует трендам в данной области на рынке труда. Например, целевой набор, корпоративный университет и т.д.

Итак, можно сделать вывод, что мотивация, как инструмент маркетинга персонала на примере предприятия ОКБ Сухого требует дальнейшей доработки, ориентированной на достижение стратегических целей развития компании. Внедрение изменений системы мотивации должно проводиться постепенно с привлечением сотрудников предприятия, чтобы преодолевать сопротивление изменениям. Система мотивации должна постоянно развиваться и совершенствоваться исходя из изменений стратегической ситуации.

Список используемых источников:

1. Дьяченко Е. И. Роль мотивации и стимулирования трудовой деятельности в системе управления персоналом современной организации [Текст] // Символ науки. 2017. № 6.
2. Литвинюк А. А., Гончарова, С. Ж., Данилочкина В. В. — Мотивация и стимулирование трудовой деятельности. Теория и практика]. М.: Издательство ЮРАЙТ, 2019. 398 с.]
3. Магомедова, Э. Г. Роль мотивации в управлении персоналом [Текст] // Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд. 2016. № 42.

Анализ рынка грузовых авиаперевозок в РФ

Бабыкин А.Н.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Исаева С.Ю.

МАИ, Москва

В работе рассматривается анализ рынка грузовых авиаперевозок в РФ. Было оценено влияние COVID-19 и современной политической ситуации на воздушные грузоперевозки.

Грузовые авиаперевозки занимают важное место в отрасли доставки грузов как в мире, так и в России. Воздушными грузоперевозками можно доставить то, что не доставить по воде и суше. В России они являются особенно актуальными, ведь у страны большая территория с большим количеством мест, куда доставка может осуществляться только по воздуху.

Была определена структура грузовых перевозок в мире, изучены тенденции показателя ФТК (freight ton-km). Также была проведена сегментация парка грузовых ВС в мире, определён парк ВС в мире по регионам. Впоследствии выделенные сегменты использовалась при анализе парка грузовых ВС в РФ.

Рынок грузовых авиаперевозок РФ в последние годы переживает трудные времена. Эпидемия COVID-19 пошатнула всю индустрию грузоперевозок, однако впоследствии именно грузовые авиакомпании, включая российские, смогли извлечь выгоду из этого события. Для российского рынка грузовых авиаперевозок испытанием стали политические ограничения после 2022 года, и компании продолжают искать выходы из сложившейся ситуации.

Был проведён подробный анализ парка грузовых ВС в России, а также проанализированы российские авиакомпании, эксплуатирующие грузовые ВС. Были составлены профили авиакомпаний Российской Федерации, содержащие информацию о маршрутных сетях, финансовых показателях, бизнес модели, перевозимых грузах и флоте компании.

Список используемых источников:

1. <http://posaviация.pf>
2. World Air Cargo Forecast 2022-2041, Boeing.
3. Airbus Global Market Forecast 2023
4. Global Outlook for Air Transport — Highly Resilient, Less Robust, June 2023, IATA.

Анализ состояния и перспективы развития ракетно-космической отрасли Российской Федерации

Бармин О.О., Тимохин Д.А.

Научный руководитель — профессор, д.э.н. Костыгова Л.А.

МАИ, Москва

В современном мире космическая отрасль становится важной сферой конкуренции среди стран, стремящихся к технологическому и экономическому превосходству. В условиях научно-технологического роста, мировой турбулентности, высокой конкуренции необходимо сконцентрировать внимание на основных стратегических направлениях развития, которые позволят российским компаниям удерживать лидирующие позиции на мировой арене космических технологий.

В результате выполненного анализа конкурентной среды ракетно-космической отрасли и возможных путей ее развития установлено, что создание спутниковой группировки и ее коммерциализация представляют собой стратегически значимые шаги для достижения государственных и коммерческих целей в космосе.

В последние годы благодаря усилиям правительства по развитию космической отрасли и привлечению инвестиций создаются новые проекты, один из них — федеральный проект «Сфера». Это амбициозный проект создания орбитальной космической группировки, его целями являются: укрепление позиций России в мировом космическом пространстве, повышение конкурентоспособности отечественной космической промышленности, обеспечение национальной безопасности [2].

Коммерциализация технологий — процесс, с помощью которого результаты НИОКР своевременно трансформируются в продукты и услуги, востребованные рынком [1]. Коммерческие запуски спутников, а также разработка и производство космических аппаратов становятся все более востребованными.

Для выполнения поставленных задач, в том числе расширения спутниковой группировки (в первую очередь, проект «Сфера») необходимо [3]:

- Создание новых типов ракета-носителей, а также, развитие нынешних (одноразовых и многоразовых) ракета-носителей сверхлёгкого, легкого и среднего класса. Этот класс ракет является наиболее целесообразным для запуска спутников на орбиту и привлекателен для частных компаний — производителей спутников, ввиду меньшей цены запуска и отсутствия ожидания на набор «пакета» спутников, как в случае с ракета-носителями тяжелого и сверхтяжелого класса.

- Нарастивание работ над разработкой и созданием буксиров, в том числе частных, как третьей ступени ракеты для выведения частных сверхмалых ракета-носителей на орбиту 800–1500 километров.

- Создание частных космодромов для коммерческих запусков частных компаний с разработанными своими ракета-носителями.

- Создание приложений и платформ для получения услуг для частных лиц и компаний.

- Развитие кооперации с ведущими техническими вузами страны, таким как МАИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, МФТИ и другими в части работ над разработкой и созданием электронной компонентной базы, сверхмалых и малых спутников (кубсаты), ракета-носителей, проведением математического моделирования, а также в части подготовки и профессиональной переподготовки кадров, создании программ дополнительного профессионального образования («Школа управления» МАИ, «Leap-школа» МАИ и др.).

- Создание «плато» и центров параллельного проектирования по примеру зарубежного опыта в авиастроительной отрасли, где принципом работы является нахождение и кооперация людей, экспертов, поставщиков и соисполнителей в одном помещении для совместной работы в реальном времени.

- Введение ответственности за ход и выполнение работ в поставленный срок, а именно в контрактах менеджеров, руководителей предприятий, главных конструкторов прописываются дополнительные условия: в случае срыва срока на 1 месяц — административная или материальная ответственность, срыв срока на 2 месяца — возможность расторжения контракта со стороны работодателя, а в части гособоронзаказа и вовсе уголовная ответственность [3].

- Создание единой информационной среды, нацеленной на автоматизированную отчетность и прозрачность работ по проектам (ERP, MES, АСУП).

- Внедрение и адаптация под предприятия современных методологий управлений, таких как Stage-Gate, Agile, Scrum, Lean и других, для совершенствования управления предприятиями ракетно-космической отрасли, выведения продуктов на рынок с меньшими потерями и выявления проблем и узких мест по программам и проектам на ранних стадиях.

Таким образом, стратегия развития ракетно-космической отрасли должна быть ориентирована на инновации, сотрудничество и эффективное управление, чтобы обеспечить стране стратегическое превосходство в космосе и успешную конкуренцию на мировой арене космических технологий и услуг.

Список используемых источников:

1. Ридель Л. Н. Коммерческая реализация инноваций: учеб. пособие / Л. Н. Ридель; СибГУ им. М. Ф. Решетнёва. — Красноярск, 2021. — 80 с.

2. Официальный сайт Президента России [Электронный ресурс] — режим доступа: URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/statements/57692> [Дата обращения 23.02.2024]

3. Сайт государственной компании Роскосмос [Электронный ресурс] — режим доступа: URL: <https://www.roscosmos.ru> [Дата обращения 23.02.2024]

Проблемы развития отечественного рынка композитных материалов

Белова О.С.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Захарова Л.Ф.

МАИ, Москва

Композитные материалы являются одними из перспективных видов материальных ресурсов двадцать первого века, обеспечивающих инновационное развитие многих отраслей народного хозяйства, в том числе авиационной, автомобильной, строительной, где композитные материалы используются для создания легких и прочных конструкций.

Пятнадцатая международная выставка композитных материалов, технологий производства композитов, оборудования и изделий из них «Композит — Экспо 2023» показала, что к основным проблемам отечественного рынка композитных материалов относятся:

- Отсутствие необходимой материально — технической базы для производства композитов в России;

- Недостаточный уровень обеспеченности сырьем;

- Недостаток оборудования отечественного производства;

- Нехватка специалистов;

- Недостаточный уровень организации, в том числе норморегулирования;
- Неэффективная система управления.

В результате Россия занимает последнее место в доле мирового рынка композитов.

Актуальность данной работы заключается в необходимости создания условий для ускоренного развития отрасли композиционных материалов и построения целостной инновационной системы, гарантирующей научно-технологическое превосходство Российской Федерации на международном рынке.

В работе в качестве объекта исследования рассматривается деятельность инновационного научно — технологического центра ИНТЦ «Композитная долина», а предметом исследования выступают процессы организации и управления деятельностью предприятий-резидентов.

ИНТЦ «Композитная долина» был создан в рамках комплексной научно-технической программы инновационного развития Государственной корпорации «Ростех» в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации «Новые композиционные материалы: технологии конструирования и производства». Стратегической целью ИНТЦ «Композитная долина» является создание, разработка и вывод на рынок изделий из композитных материалов.

В рамках исследования проанализирована деятельность предприятий — резидентов, выявлены сильные и слабые стороны ИНТЦ «Композитная долина», предложены мероприятия по их устранению.

Выявленные недостатки в организации деятельности предприятий- резидентов ИНТЦ:

- Ограниченность количества предприятий-резидентов;
- Ограниченность финансирования для поддержки проектов предприятий-резидентов.
- Отсутствие программы обучения и повышения квалификации персонала предприятий-резидентов;
- Отсутствие необходимого взаимодействия предприятий; несовершенство в согласовании совместных действий между научными, научно — производственными и производственными предприятиями- резидентами.

Взаимодействие между предприятиями — резидентами является важным фактором развития инновационной экономики ИНТЦ и повышения ее конкурентоспособности. Предлагаемые мероприятия нацелены на устранение данной проблемы. В работе представлены пятнадцать мероприятий, в том числе:

- Организация регулярных встреч и совещаний для обсуждения текущих вопросов, планирование совместных мероприятий предприятиями — резидентами;
- Участие в совместных проектах и исследованиях, которые позволят резидентам выработать единую позицию, объединять усилия при разработке новых продуктов и услуг;
- Поддержка развития бизнеса через совместные программы маркетинга и продвижения продуктов предприятий — резидентов (организация совместных выставок, конференций, семинаров), где компании смогут продвигать свои продукты и услуги, а также обмениваться опытом и знаниями;
- Развитие программ лояльности и бонусных программ для резидентов.

Для организации взаимодействия предприятий — резидентов ИНТЦ в реальном масштабе времени предлагается использование интернет — сервиса. В результате анализа двадцати российских сервисов автоматизации внутрикорпоративных бизнес — процессов был выбран «Битрикс24» — «корпоративный интернет» с внутренней соцсетью и различными функциональными модулями, который позволит предприятиям-резидентам взаимодействовать между собой, обмениваться информацией и работать над проектами в режиме онлайн. Он также позволяет автоматизировать многие процессы, что поможет повысить эффективность работы и сократить время на выполнение поставленных задач. С помощью этой системы можно создавать общие рабочие группы, где резиденты смогут обсуждать между собой проекты, делиться файлами и документами, ставить задачи и отслеживать их выполнение. Возможно также создание общих календарей и планирование встреч и конференций.

Для успешной реализации стратегической цели программы инновационного развития ИНТЦ в работе предлагается использование механизма BSC.

Реализация предложенных мероприятий позволит реализовать стратегический план ИНТЦ в отношении её коммерческих целей, обеспечивая выпуск продукции из композитных материалов для нужд населения и различных структур, что будет оказывать положительное влияние на уровень и качество жизни людей, благодаря уникальным свойствам этой продукции и широкому спектру её применения в различных отраслях.

Список используемых источников:

1. Гладунова О., Лукичева Н. Непростые времена для композитной отрасли или ещё один шанс, ж-л «Композитный мир», 21.03. 2023г

2. Голубничий Е.Н. Потенциал рынка композитных материалов в Российской Федерации. Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2021. № 4. С. 260–264

3. Официальный сайт ИНТЦ «Композитная долина» (дата обращения 05.03.2023) Текст электронный URL <https://xn--80aalkfcjmmedbfi5clo.xn--plai/>

4. Система сбалансированных показателей и как правильно ее составить (дата обращения 20.04.2023) Текст электронный URL <https://www.mango-office.ru/products/calltracking/form-marketing/osnovy/sistema-sbalansirovannyh-pokazatelej/>

Совершенствование реализации стратегии разработки технических изделий Бодров Н.М.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Захарова Л.Ф.

МАИ, Москва

Улучшение технических изделий представляет собой совокупность основных характеристик, которые определяют их качество и отражают научно-технические достижения. Улучшение технических изделий проявляется через набор показателей, которые определяются совокупностью их значений. Развитие технологий производства является одним из главных направлений в единой технической политике и является основой для технической реконструкции народного хозяйства. Именно технология превращения исходного предмета труда в готовое изделие определяет соотношение между затратами и результатами.

Существуют несколько причин, почему требуется разработка или улучшение технического изделия:

- Необходимость решения поставленной задачи, будь то личная задача, задача в рамках бизнеса или производства;
- Высокая стоимость аналогов на рынке;
- Ограниченные или недостаточные функциональные возможности существующих изделий;
- Модернизация оборудования и производственного цикла на предприятии

Этапы создания нового продукта:

1) Разработка и утверждение технического задания. Одна из наиболее важных частей создания нового технического изделия является разработка технического задания. В техническом задании определяются цель изделия и задачи, которые оно должно выполнять, фиксируются количественные показатели и требования к характеристикам устройства. Техническое задание разрабатывается вместе с заказчиком на основе встреч и технических обсуждений задачи;

2) Разработка технического предложения. После утверждения ТЗ начинается процесс разработки технического предложения. В результате этого этапа заказчику предоставляются несколько вариантов решения задачи с описанием принципа работы и схемы конструкции создаваемого изделия, а также предоставляется сравнительная оценка этих вариантов между собой и с существующими аналогами

3) Создание эскизного проекта. На стадии эскизного проектирования осуществляется разработка предварительного проекта. Этап эскизного проектирования позволяет более

подробно изучить и определить принципиальные конструктивные и технические решения, которые были предварительно согласованы и приняты на этапе технического предложения.

4) Техническое проектирование. Техническое проектирование направлено на детальную проработку цифровой 3D-модели. На этой стадии осуществляется изучение и уточнение схемных и конструктивных решений, а также дополнительных требований к изделию. Учитываются вопросы, связанные с технологиями и возможностями предприятия-изготовителя. Результатом этапа технического проектирования является разработка 3D-модели, а также чертежей для всех элементов, узлов и блоков устройства. Это формирует набор рабочей конструкторской документации.

5) Создание, настройка и использование опытного образца. Изготовление изделия осуществляется в соответствии с разработанной конструкторской документацией. После изготовления, настройки и использования прототипа принимается решение о возможности начала серийного производства изделия или необходимости внесения изменений. Прототип позволяет увидеть изделие в реальности и довести его до идеального состояния.

Улучшение качества технических изделий можно достичь различными способами. Это включает в себя внедрение новых технологий и использование современного оборудования для автоматизации и контроля процессов. Также важны организационные улучшения, такие как улучшение производственных процессов и повышение квалификации работников. Достижение ритмичности в сборочных процессах, экономическое стимулирование с помощью системы оплаты труда и заинтересованность сборщиков в повышении качества также играют важную роль.

Одним из самых важных путей реализации стратегии создания новых технических изделий и модернизации существующих в настоящее время является совершенствование системы управления требованиями на всех этапах жизненного цикла изделия. Важность этой проблемы для России подтверждает разработка национального стандарта по управлению требованиями ГОСТ Р-59194-2020. Это первый стандарт в этой области, который был введен в действие в 2021 году. Наибольшую актуальность в этом отношении представляют изделия машиностроительной и приборостроительной индустрий, как перспективных отраслей экономики, определяющих конкурентоспособность страны на мировой арене.

В работе рассматриваются сущность и диалектика системы управления требованиями как развивающейся области теории управления качеством продукции, анализируется опыт практических систем управления требованиями в России и за рубежом.

Проведенное исследование практики управления требованиями на различных этапах жизненного цикла проектов разработки изделий авиатехники позволяет сформулировать предложения по её совершенствованию, основываясь на методологии системного, комплексного подхода, используя передовой международный опыт, в том числе применения информационных технологий.

В работе также рассматриваются возможности управления требованиями на стадии разработки авиационной техники в среде DOORS.

Список используемых источников:

1. Марахович М.Н. Разработка методики совершенствования бизнес процессов // Экономика и бизнес: теория и практика. 2018. №6. URL:
2. Зараменских Е. П. — МЕНЕДЖМЕНТ: БИЗНЕС-ИНФОРМАТИКА. Учебник и практикум для СПО — М.:Издательство Юрайт — 2019;
3. Зараменских Е. П. — ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ: УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ. Учебник и практикум для СПО — М.:Издательство Юрайт — 2019;
4. Управление программными проектами : учебное пособие для вузов / В. Е. Гвоздев [и др.] ; под редакцией Р. Ф. Маликова. — Москва : Издательство Юрайт, 2021

Использование искусственного интеллекта урегулирования современных экономических проблем

Воронцов А.М., Пурыскина А.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Москвичёва Н.В.

МАИ, Москва

Цель работы заключается в нахождении способов улучшить уже имеющиеся экономические инструменты, а также найти решения сложных экономических задач за счёт внедрения искусственного интеллекта в цифровую бизнес среду.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. Проанализировать количество используемых в бизнес среде нейросетевых анализаторов;
2. Оценить уровень качества и безопасности работы с такими бизнес-помощниками;
3. Выявить недостатки и положительные стороны современного искусственного интеллекта при работе с большим объёмом данных;
4. Предложить свои способы решения глобальных и локальных проблем с бизнесом в России за счёт использования нейросетей;
5. Предложить решения задачи обеспечения безопасности банковской экосистемы при внедрении искусственного интеллекта во все аналитические процессы.

Актуальность исследования обусловлена увеличением проблем в экономике, непосредственно связанных с увеличением объёма данных, которые необходимо обрабатывать в активном режиме. Из-за человеческого фактора такие проблемы становятся критическими для малого и среднего бизнеса, финансовая система тоже страдает от макроэкономической нестабильности. Актуальным решением может стать глобальное внедрение искусственного интеллекта в инструменты экономического анализа среды и данных, а также внедрение нейросетевых анализаторов в базы данных финансовых организаций.

В процессе исследования были предложены способы модернизировать работу нейросетевых анализаторов для более качественного и безопасного взаимодействия с банковской экономической системой. Предложенные нововведения за счёт активного внедрения нейросетей в экономику создадут рост предпринимательской активности, увеличат прибыль от вкладов и ценных бумаг, а также увеличат доходность от инвестиций в крупный бизнес за счёт новейшей системы анализа и помощи в принятии инвестиционных решений.

В результате было выявлено, что внедрение искусственного интеллекта в современную цифровую экономику способно стабилизировать рыночную конъюнктуру и добиться роста ВВП на 1,3% за год. Кроме того, предпринимательская активность за счёт автоматизации сложных экономических операций способна возрасти до 39,5% за первые два года.

Такая система не всегда может быть безопасна, поэтому в результате исследования были установлены методы по снижению риска, оптимизации сложных процессов, связанных с внедрением нейросетевых анализаторов, а также предложена новая система баз данных для цифровизации и более качественного использования возможностей искусственного интеллекта в банковской сфере.

Список используемых источников:

- 1.Егорычев Д.Н., Егорычев А.Д. // Направления влияния нейросетей на экономику, бизнес и образование // ЭСГИ. 2023. №2 (38). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/napravleniya-vliyaniya-neyrosetey-na-ekonomiku-biznes-i-obrazovanie>
- 2.Науменко В.А. // Применение нейронных сетей для решения практических задач в экономике // ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ВЕКТОР ЭКОНОМИКИ» // URL: <https://elck.ru/393Hio>
- 3.Безняк А.А. // Применение нейросетевых технологий в экономической сфере: возможности и перспективы // БГЭУ // URL: <https://elck.ru/393Hzf>
- 4.Светлана Д.А. // Будущее сейчас. Как технологии искусственного интеллекта влияют на экономику и бизнес // [Электронный ресурс] // <https://sber.pro/digital/publication/budushheesejchas-kak-tehnologii-iskusstvennogo-intellekta-vliyayut-na-ekonomiku-i-biznes/?ysclid=lsni75pt7i118050933>

Анализ рынка малой авиации

Габов С.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Исаева С.Ю.

МАИ, Москва

В данном докладе был проведен анализ рынка малой авиации, рассмотрены вопросы развития этой отрасли, ее востребованности и необходимости вложения средств в ее развитие.

2020 год сыграл большую роль для авиационной сферы. В 2020 году общий пассажирооборот сильно снизился (на 40% сравнивая со значениями 2019 года) в связи с наложенными ограничениями из-за пандемии Covid. В мире показатели местных авиаперевозок также снизились, однако в России ограничения по Covid не оказали влияния на местные авиаперевозки. Наложённые ограничения в России стали катализатором для местных авиаперевозок и к 2021 году местные перевозки увеличились на 36% в сравнении 2019 годом.

На основе данных о количестве перелётов были определены наиболее востребованные диапазоны дальности для каждого сегмента самолётов малой авиации и на какой дальности наиболее эффективны ВС определенного сегмента.

Были выделены ключевые игроки на российском рынке местных авиаперевозок. Отмечено расположение базовых аэропортов данных авиакомпаний, что позволяет сделать вывод о том, в каких районах России сосредоточены местные авиаперевозки.

Были проанализированы парки авиакомпаний, а также выделена доля, которую занимает малая авиация в каждой из авиакомпаний.

Также были рассмотрены финансовые результаты авиакомпаний, эксплуатирующих малую авиацию, и на их основе были определены основные источники их выручки

Проанализирован российский рынок малой авиации, его перспективы по расширению к 2030 году, а также его нынешнее состояние. Рассмотрена роль зарубежных ВС для российского рынка. Проанализирован мировой рынок малой авиации на показатели возраста ВС, что позволило сделать вывод о востребованности ВС с различной вместимостью кресел.

Для России малая авиация является важным инструментом в транспортной отрасли, связи с неразвитой железнодорожной структурой и автомобильными дорогами на Дальнем Востоке и в районах Сибири. Поэтому важно понимать, уделяют ли внимание данной отрасли и оказывает ли государство влияние на ее развитие. Проанализирована модернизация местных аэропортов, субсидирование местных маршрутов и как субсидирование влияет на пассажиропоток на местных маршрутах.

Рассмотрена доля местных аэропортов в России, а также выделена доля модернизированных аэропортов с 2019 по 2022 годы.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что отрасль местных маршрутов развивают и планируют развивать в течение следующих лет.

Организация производства на основе группового метода обработки деталей

Гликин Г.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Захарова Л.Ф.

МАИ, Москва

Рост эффективности общественного производства предполагает улучшение использования производственных ресурсов за счет внедрения передовых прогрессивных форм организации производства и труда, уменьшения степени организационной сложности объектов управления, что крайне важно в условиях выпуска технически сложной, наукоемкой и часто обновляемой продукции, к которой относится авиационная техника серийного типа производства, удельный вес которого в современных условиях растет.

Проблема снижения организационной сложности, повышения эффективности серийного и мелкосерийного производства решается методом типизации технологических процессов. Впервые он был предложен А.П. Соколовским. В результате типизации технологии изготовления продукции сокращается время на подготовку производства, появляется возможность использования прогрессивного автоматизированного оборудования, перехода на

поточные методы организации производства, повышается качество продукции и эффективность оперативного управления производством.

Идея типизации технологического процесса была развита в трудах С.П. Митрофанова, В.А. Петрова, Ф.И. Парамонова, которые являются основоположниками группового метода обработки деталей.

В основе группового метода обработки деталей лежит их классификация по признакам конструктивно — технологического подобия. Детали разных наименований объединяются по этим признакам в однородные группы, затем для типовой детали каждой группы — типового представителя — разрабатывается типовой технологический процесс, который включает все операции, необходимые для производства каждой детали группы.

Работы по внедрению групповых методов обработки в отечественной практике приостановились с переходом на рыночную экономику. В связи с необходимостью решения проблемы импортозамещения, возрождения отечественного машиностроения на основе информационных технологий актуальной задачей является возобновление и развитие прогрессивного метода групповой обработки объектов производства.

Объектом исследования в работе является механосборочный цех машиностроительного завода. Цех имеет предметную форму специализации. В цехе обрабатывается 200 наименований (шифро-чертежей) деталей. Основные виды работ — токарные, фрезерные, сверлильные, слесарно-сборочные. Общее количество деталей-операций в месяц в цехе в среднем составляет 3 200 и все они выполняются по индивидуальным технологическим процессам. Разработка технологии изготовления деталей осуществляется технологами индивидуально для детали каждого наименования (шифра чертежа) на основе их личного опыта и квалификации, что приводит к появлению разных вариантов техпроцесса для одной и той же детали.

В целях изучения возможности внедрения группового метода необходим анализ и кодирование всей номенклатуры деталей, что является трудоемкой задачей. Поэтому исследование и анализ конструктивно-технологической и планово-организационной общности номенклатуры деталей цеха был ограничен анализом выборки деталей сорока шести наименований, что составляет 24% от общего количества обрабатываемых в цехе. Состав деталей, входящих в выборку, наиболее полно отражает профиль цеха и его участков.

По своим конструктивным параметрам обрабатываемая в цехе номенклатура деталей-сборочных единиц принадлежит к двум классам: классу 40 — «тела вращения» и классу 50 — «не тела вращения». Данный признак группировки деталей является наиболее общим конструктивным признаком, определяющим метод обработки деталей. Анализ обрабатываемой номенклатуры деталей цеха по признаку «тела вращения», «не тела вращения» показал нерациональную специализацию подразделений цеха.

При анализе конструктивно-технологического подобия деталей необходимо определять и учитывать их планово-организационную общность. Как показали исследования и практический опыт работы машиностроительных предприятий при группировании деталей в качестве оценочного показателя планово-организационной общности следует использовать показатель относительной трудоемкости деталей, определяемый на основе штучного времени обработки детали по каждой операции, их количества, подетальной программы выпуска, эффективного фонда времени работы оборудования, среднего коэффициента выполнения норм. Показатель относительной трудоемкости характеризует суммарное количество единиц обезличенного оборудования, необходимого для обработки детали определенного шифра-чертежа при заданном объеме выпуска и сменности работы оборудования цеха.

В настоящее время работы по исследованию возможностей применения группового метода на объекте продолжаются. Применение группового метода позволит унифицировать производственные процессы и сократить количество видов необходимого оборудования. Это поможет снизить организационную сложность управления производством и повысить его эффективность. Соблюдение принципа прямоточности позволит организовать поточные линии обработки деталей и автоматизировать производство. Внедрение группового метода является необходимым условием для успешной цифровой трансформации.

Список используемых источников:

1. Богодухов С.И., Сулейманов Р.М., Проскурин А.Д. Технологические процессы в машиностроении, учебник для вузов. М. Машиностроение, 2021 г.
2. Рязанов С.И., Пеигин Ю.В., Веткасов Н.И. Автоматизация производственных процессов в машиностроении. М.: Машиностроение, 2018 г.
3. Сибикин М.Ю., Сибикин Ю.Д. Основы проектирования машиностроительных предприятий. М.: Машиностроение, 2021 г.
4. Черненко В.О. Анализ существующих разработок в области взаимосвязи между конструкцией детали и технологией изготовления/ Молодой ученый. — 2020. — № 25 (315). — с.52–54

ERP-системы в компаниях авиационной промышленности и особенности их внедрения

Горбунов И.Н.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Арсеньева Н.В.

МАИ, Москва

Производство авиационной техники является одним из самых высокотехнологичных направлений промышленности развитых стран. И в настоящее время, международный рынок авиации ставит перед предприятиями в отрасли серьёзные вызовы, обусловленные во многом неэффективной организацией производства и высокими затратами, не позволяющими таким компаниям создавать и реализовывать конкурентоспособные образцы авиационной техники. Весомым способом решения данных проблем может служить внедрение автоматизированной системы управления предприятием, или же ERP-системы. Такое решение может стабилизировать производственные процессы, обеспечив компании устойчивое развитие.

Программная система ERP обеспечивает интеграцию, автоматизацию и прозрачность всех процессов и подразделений предприятия для наиболее эффективного выполнения его бизнес-процессов. Основными ожидаемыми итогами внедрения ERP являются: усовершенствование планирования производства, сокращение случаев дефицита товарно-материальных ценностей, уменьшение производственного цикла создания авиационной техники.

На сегодняшний день, многие производственные системы западных стран работают на основе систем ERP, особенно это касается наукоёмких отраслей, таких как авиастроение или космонавтика. Некоторые из них также присутствуют и на российском рынке. Например, широко известными вендорами ERP-систем являются: SAP ERP, Microsoft ERP, а также отечественный 1С. В западных же странах большую популярность снискали также и другие системы: Ramco, Trax, Amos и Oracle. Принимая во внимание опыт иностранных авиастроительных компаний в вопросах использования ERP-можно выяснить, что точность производственного планирования может вырасти до 96-97%, производительность персонала повысится в пределах 28-32%, а общая удовлетворённость клиентов вырастет почти на пятую часть.

Однако, принимая решение о внедрении ERP-системы, авиационное предприятие должно тщательно проанализировать возможные преимущества и недостатки, которые такие системы дают. Важно понимать, что возврат от инвестиций, вложенных во внедрение ERP, идёт не от самой системы, а от повышения эффективности бизнес процессов компании, которое она обеспечивает. Например, установка ERP-системы может оказаться чрезвычайно дорогостоящей, вместе с тем предоставляя компании излишне перегруженный и избыточный функционал. Среди прочих потенциальных минусов можно выделить возможное отсутствие согласованности с партнёрами или между структурными подразделениями компании в вопросах эксплуатации ERP. А также система может оказаться негибкой в вопросах адаптации к определённым потокам данных или бизнес-процессам некоторых компаний.

В рамках внедрения ERP-системы на отечественном авиастроительном предприятии стоит обратить внимание на несколько пунктов. Прежде всего, необходимо обратиться к

нормативно-справочной информации предприятия, в частности к состоянию справочника товарно-материальных ценностей, которые используются в производственной и хозяйственной деятельности предприятия. Справочник целесообразно привести в порядок до начала внедрения ERP-системы, в противном случае это приведет к усложнению работ по внедрению, затягиванию сроков и дополнительным затратам на доработку функционала ERP-системы для работы в условиях отсутствия корректного справочника товарно-материальных ценностей.

Также стоит понимать, что ERP-система работает, как связанный механизм, с вовлечением в работу всех «деталей» — отделов/сотрудников. В производственных компаниях, интересы одних подразделений зачастую могут напрямую пересекаться с интересами других. В таком случае стоит учитывать мнение всех задействованных отделов и подразделений, отдавая приоритет интересам основных производственных подразделений.

Важно также уточнить, что во избежание лишних издержек, взаимодействие с системной поддержкой ERP-системы стоит фиксировать в виде тщательных соглашений, заносая в служебные записки договорённости, стоимость и план работ.

Список используемых источников:

1. Калачанов В.Д. Развитие процедур организации производства в авиастроении на основе внедрения корпоративных информационных систем (на примере создания судов грузовой авиации) / Калачанов В.Д., Жидаев С.С. // Организатор производства. — 2011. — Т.48. — No 1. — С. 30–36
2. Спивак С.И. Метаобъектный подход к моделированию бизнес- процессов предприятия в рамках единой ERP-системы / С.И. Спивак, Н.Д. Морозкин, Л.А. Лукьянов // Системы и средства информатики. — 2019. — Т.29. — No 2. — С. 113–121.
3. Багратуни Г.Г. Эффективность внедрения ERP системы / Г.Г. Багратуни // Инновационная экономика и современный менеджмент. — 2018. — Т.2. — No 1. — С. 40–43.

Россия в решении экологической проблемы как глобальной

Гуреева П.Е.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Безклубая С.А.

МАИ, Москва

Человечество переживает системный планетарный экологический кризис. Вклад ведущих государств мира в решение глобальных экологических проблем является определяющим. Поэтому актуально рассмотреть действия России в решении экологической проблемы как глобальной.

Цель исследования — анализ потенциала России в области экологии, исследование инновационных технологий и экологических стратегий для улучшения экологической ситуации в стране и на глобальном уровне. Основная задача исследования: дать оценку экологической политике России и рассмотреть её перспективы; изучить влияние российских экологических проблем на глобальный уровень.

Вся деятельность человека есть возмущение биосферы. Деграция окружающей среды приводит к глобальным последствиям. Сегодня жизнь «требует установления нового образца мышления, готовящего переход от технократического развития мира к иному, основанному на преобразовании человеческих качеств соответственно новым принципам: коэволюционного гуманизма, <...> ориентирующего человека на осознание неразрывного единства с природой; гармонии как согласованности естественного и искусственного мира; целостности (системности) Вселенной» [1].

Экологические проблемы России часть глобальной экологии. Поэтому Россия имеет собственную законодательную базу и общественную платформу для удержания экологической ситуации в стране под контролем. Статья 114 Конституции РФ гласит, что Правительство России осуществляет меры, направленные на: снижение негативного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду; создание условий для развития системы экологического образования граждан и воспитания экологической культуры. Общественные организации (например, «Зелёный патруль»; представительство от

«Всемирного фонда дикой природы»; молодёжная природоохранная организация биофака МГУ «Дружина охраны природы»; неправительственный экологический фонд им. В.И. Вернадского; «Российская сеть рек»; «Общество сохранения диких животных России»; «Российский Зелёный крест»; «Союз охраны птиц России»; эколого-просветительский центр «Заповедники») специализируются на экологическом сопровождении различных проектов: контролирующих, экспертных, исследовательских, экспедиционных, по связям с общественностью, юридических. Среди направлений работы — реализация масштабных проектов и программ по экологическому просвещению детей, молодёжи и взрослых; по формированию ответственного обращения с отходами; по защите экологических прав граждан; лесовосстановлению; организации корпоративного и индивидуального волонтерства.

Решение экологической проблемы России как глобальной требует комплексного подхода: кооперации государства, бизнеса, общественности. В таком составе Россия сегодня успешно работает над снижением выбросов парниковых газов в энергетическом секторе; внедрении энергоэффективных технологий; возобновляемых источников энергии; внедрению электромобилей и современного железнодорожного транспорта; охране окружающей среды в космосе и утилизации космического мусора.

Список используемых источников:

1. Крутов А. А., Безклубая С. А., Широков О. А. Исследование модернизации аэрокосмического комплекса. Политико-культурные аспекты. М.: ТР-Принт, 2014. С. 62.

Анализ подходов программ высшего образования по ИТ-направлениям

Давиденко Е.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Хомутская О.В.

МАИ, Москва

В настоящее время в России осуществляется подготовка специалистов в сфере ИТ по нескольким направлениям согласно ФГОС и СУОС. Основными направлениями являются: 01.00.00 «Математика и механика», 02.00.00 «Компьютерные и информационные науки», 09.00.00 «Информатика и вычислительная техника», 10.00.00 «Информационная безопасность», 11.00.00 «Электроника, радиотехника и системы связи». Самым многочисленным по числу бюджетных мест в России является 09 направление «Информатика и вычислительная техника», с более 37 тысячами бюджетных мест по программам бакалавриата. МАИ является участником всех программ по совершенствованию и развитию системы высшего образования. Общее число мест в университете на ИТ направлениях составляет более 800, из них 400+ на направлениях 09.00.00 «Информатика и вычислительная техника».

С целью анализа существующих подходов к содержанию и организации программ, а также адаптации программ под быстроразвивающиеся отрасли компьютерных знаний и авиастроения, в работе проанализированы учебные планы передовых зарубежных и отечественных вузов, в числе которых: MIT, Harvard University, Leland Stanford Junior University, ETH Zurich, МФТИ, ВШЭ, МАИ. Программы университетов сравнивались по реализуемым направлениям подготовки, продолжительности обучения и распределению дисциплин по годам, возможности выбора области знаний для изучения, наличию передовых областей, возможности индивидуального подхода в образовании и другим критериям. Кроме того, проанализированы трендовые направления в сфере ИТ, которые активно развиваются в настоящее время, и нуждаются в представлении в учебных планах будущих специалистов.

В процессе анализа выявлены общие отличительные черты программ лучших мировых университетов в области ИТ-образования, такие как внедрение индивидуального подхода в обучении, который позволяет студентам на разных этапах выбирать как направление изучения, так и конкретные дисциплины. За счёт этого вузы обеспечивают вариативность дисциплин в рамках одной образовательной программы, что позволяет адаптировать её под разные потребности абитуриентов, студентов, работодателей и партнеров. Также важен уровневый подход в изучении общих дисциплин и акцент не только на базовые и

фундаментальные дисциплины, но и на передовые области компьютерных знаний. Такая гибкость образовательной системы и другие подходы, рассмотренные в работе, позволяют расширить область и глубину знаний студентов, предоставить им актуальные знания для построения успешной карьеры в современном IT-мире.

Основными предметами изучения всех будущих IT-специалистов являются высшая математика, в том числе методы математического моделирования, алгоритмы, системное и прикладное программирование, базы данных. Кроме того, студенту важно иметь знания по архитектуре ЭВМ и электронике, разбираться в информационных системах, сетях, протоколах передачи данных. На основе этих предметов университеты формируют общие требования к бакалаврам в IT-сфере, которые, помимо прохождения определенного количества курсов по перечисленным выше предметам, включают изучение блока естественных и гуманитарных наук, управления проектами и организациями, а также получение практических навыков не только за счёт обучения в лабораториях института, но и за счёт прохождения практик и стажировок в IT-отделах компаний. Многие институты допускают прохождение курсов от других университетов и IT-компаний для выполнения требований к получению диплома. Дополнительно каждый университет имеет свою специфику, которая имеет отражение в образовательной программе.

В результате данного анализа сформулированы рекомендации к формированию и реализации программ на примере укрупненной группы направлений «Информатика и вычислительная техника» в МАИ с учетом специфики университета, перспективных технологий и партнеров университета.

Список используемых источников:

1. Academics | Bachelor's Program | Computer Science URL: <https://www.cs.stanford.edu/academics/academics-bachelors-program> (дата обращения 28.02.2024).
2. Bachelor-Programm — Departement Informatik | ETH Zürich URL: <https://inf.ethz.ch/de/studium/bachelor.html> (дата обращения 28.02.2024).
3. Degree programs :: Harvard CS Concentration URL: <https://csadvising.seas.harvard.edu/concentration/degrees/> (дата обращения 28.02.2024)
4. МФТИ — Московский физико-технический институт URL: <https://fpmi.mipt.ru/> (дата обращения 28.02.2024).
5. Направления и специальности URL: <https://institutes.mai.ru/control/program/> (дата обращения 28.02.2024).
6. Учебные планы — факультет компьютерных наук — Образовательные стандарты и учебные планы — Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» URL: <https://www.hse.ru/standards/plans/343935449/> (дата обращения 28.02.2024).

Влияние санкций на авиационную отрасль Российской Федерации

Демкин Д.М.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Чайка Н.К.

МАИ, Москва

В условиях современных геополитических напряжений санкции становятся одним из основных инструментов воздействия на экономические субъекты страны. Авиационная отрасль России не осталась в стороне от воздействия таких ограничительных мер, что оказало воздействие на различные аспекты этой стратегически важной индустрии.

Санкции могут затруднить доступ к современному авиационному оборудованию, таким как двигатели, навигационные системы, комплектующие, что может привести к задержкам в развитии и производстве авиационной техники. Украинские предприятия были глубоко интегрированы в российскую авиационную промышленность. Именно поэтому после 2014 года Российская Федерация столкнулась с необходимостью замещения ранее производимых Украиной комплектующих, в особенности вертолетных и самолётных двигателей. Совместная военно-техническая деятельность двух стран была прекращена. Против большого количества промышленных предприятий Российской Федерации были введены санкции со стороны США, НАТО и стран ЕС. Однако это не имело большого значения для военного сектора

авиапромышленного комплекса, поскольку РФ не имела никаких обязательств перед недружественными странами. Стоит отметить, что с 2014 года введение санкций против Российской Федерации способствовало развитию отечественной авиации. Так, при Правительстве РФ в 2016 году была создана Авиационная коллегия, в 2015 году прошел сертификацию вертолет Ми-38; в 2017 году был совершен первый полет пассажирского самолета MC-21.

В настоящее время существование авиационной промышленности сложно представить без международного сотрудничества, поэтому ограничения на контакты с зарубежными компаниями и партнерами в авиационной отрасли могут повлечь за собой снижение объемов совместных проектов и обмена технологиями, что может затормозить развитие индустрии. Например, болезненным результатом введенных санкций в 2022 году стала невозможность использования зарубежных самолетов, таких как Airbus и Boeing, отечественными авиакомпаниями. Западные страны начали расторгать контракты с российскими авиаперевозчиками и требовать возврата своих самолетов. Такое положение вызывает большие проблемы для авиакомпаний, поскольку они уже сейчас сталкиваются с дефицитом запчастей и не имеют возможности законно производить детали для Airbus и Boeing в связи с отсутствием сертификатов. Ситуацию, в которой оказалась гражданская отрасль российской авиапромышленности, оказалась катастрофической. Руководство Российской Федерации, осознавая тяжелое положение, предпринимает решение сделать упор на отечественной технике: В сентябре 2022г. «Аэрофлот» и Объединенная авиастроительная корпорация подписали соглашение о поставках 339 самолетов. Согласно договору, на условиях аренды в период до 2030 г. «Аэрофлот» получит 210 самолетов MC-21, 89 самолетов Superjet-NEW и 40 Ту-214.

Таким образом, можно сделать вывод, что санкции оказывают негативное влияние на авиационную отрасль России через ограничения доступа к технологиям, сотрудничеству с иностранными партнерами и т. п. Однако в ответ на санкции могут появляться новые возможности для развития внутренних технологий, развития отечественной техники, а также укрепления авиационной отрасли страны в целом.

Список используемых источников:

1. «Аэрофлот» и «Ростех» заключили контракт на поставку MC-21 и SJ-100. Новости. 11 сентября 2023 год. — [Электронный ресурс].
2. Авиационная отрасль России в период санкций: состояние на начало 2023 года. Новости Eagle Flight. — [Электронный ресурс].
3. Российская авиация включила режим облета санкций. Новости. 12 декабря 2022. — [Электронный ресурс].

Внедрение системы бизнес-аналитики на предприятии авиационной промышленности: результаты и перспективы

Дубравин Н.А.

АО Кронштадт, Москва

Проектами необходимо управлять на протяжении всего жизненного цикла авиационной техники, обеспечивая непрерывность планирования и контроля от начала проекта до его завершения.

Управление проектами подразумевает использование большого количества ресурсов: финансовые ресурсы, физические ресурсы, информационные ресурсы, время, ресурсы управления, используя которые достигаются цели проекта.

Основополагающим ресурсом на предприятии авиационной промышленности является время. Время — важный ресурс, которым нельзя управлять так же, как другими ресурсами. Время не может быть сохранено или накоплено для будущего использования. Оно движется только в одном направлении и взаимодействует со всеми другими ресурсами проекта [1].

Информационные ресурсы, такие как базы данных позволяют компаниям авиационной промышленности эффективно собирать и хранить данные. Результаты анализа, основанные на данных, помогают решать задачи по управлению проектами. Качество данных играют одну

из важнейших ролей в принятии верного управленческого решения. Данные, расположенные в различных источниках, усложняют задачу в принятии руководящих решений. Бизнес-аналитика относится к технологиям, используемым для сбора, анализа, систематизации и представления данных для поддержки принятия решений.

Для быстрой и качественной оценки последствия конкретной проблемы, руководство должно своевременно получать адекватную информацию об эффективности работы.

Система бизнес-анализа акцентирует внимание на тех областях, где происходят отклонения от плана, что в свою очередь помогает руководству принимать решения, связанные с возможным дефицитом или избытком ресурсов.

На этом основывается внедрение вспомогательных систем моделирования для оценки вероятности результатов альтернативных действий и предложения руководству альтернативных решений.

В ходе работы представлены результаты внедрения системы бизнес-анализа на авиационное предприятие. Путем преобразования данных из различных источников и визуализации результата удалось выделить узкие места при выпуске конструкторской документации. Решения, основанные на анализе полученных данных, привели к уменьшению времени выпуска конструкторской документации на 15% в течение года без потери качества выпускаемой документации. Основываясь на данных, существует возможность оценки внедрения мероприятий, связанных с выпуском конструкторской документации.

Список используемых источников:

1. Арчибалд Р.Д. Управление высокотехнологичными программами и проектами. — 3-е изд. — М.: ДМК, 2010. — 462 с.

Опыт практического внедрения учебной программы «Основы патентной деятельности» в школьном кружке

Екимовская А.А.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Лебедев В.В.

Благотворительный фонд Образование+, Москва

Актуальность исследования обосновывается необходимостью разработки законодательной базы, которая не только отражает современное состояние проблемы в средней школе на основе исторического анализа, а, напротив, опережает, прогнозирует события. В настоящее время во многих законодательных документах наблюдается ниша в области патентной работы, хотя это направление имеет многовековую историю развития как в России, так и в мировой практике [1]. Сейчас ничто не мешает не только обеспечить такое соответствие, но ещё и априорно предусмотреть то, что понадобится в перспективе. Был выбран конкретный объект исследования — школьный научно-технический кружок, в котором автор проработала пять лет и постепенно пришла к осознанию важности результатов интеллектуальной деятельности (РИД). Предметом изучения является патентная работа и начало патентной деятельности школьников. Специалисты в области интеллектуальной собственности отмечают: «Чем больше хороших специалистов, тем сильнее рынок интеллектуальной собственности» [2]. Защита РИД начинает приносить студенту материальные блага со стороны государства даже во время обучения в вузе, то есть сразу после окончания средней школы. В таком раннем начале экономической и правовой деятельности студента, а ещё лучше, школьника, заключается практическая значимость работы. Новизна работы состоит в предложении начальной программы обучения школьников основам патентной деятельности.

В процессе выполнения работы применён практический метод, основанный на реальном решении актуальных задач по защите РИД.

Важный вывод для начинающих изобретателей был субъективный, но подтверждённым практикой. Наверное, есть смысл рекомендовать сначала опробовать силы в патентной защите более простых объектов интеллектуальной собственности — полезных моделей, и только потом переходить к изобретениям.

Можно утверждать, что приобретённый личный опыт автора, пусть даже на отрицательном результате, сыграл более важную роль для последующей деятельности, чем получение патента на изобретение. Этот опыт связан с педагогическим направлением, в которое теперь обязательным решением была добавлена патентная работа. Основы педагогики существенны для правильного общения с учениками, поэтому были изучены основные положения теории Льва Семёновича Выготского о зонах актуального и ближайшего развития ребёнка и о потенциальной психологической зоне [3]. Опыт показал, что ученик, впервые подающий заявку на патент, панически боится комплекта документов, которые необходимо оформить. Для устранения страха надо предложить один раз пройти процедуру подачи заявки на патент на полезную модель. Желательно и проще оформительскую ошибку предотвратить, чем потом её исправлять, поэтому труд школьника надо постоянно контролировать.

Результат работы, сразу надо сказать, долгий, появился через полтора-два года после формулировки новой для школьного кружка задачи. Этот результат виден сразу в двух направлениях. Во-первых, методическая работа доказала ученикам необходимость защиты РИД и научила их первично работать с документацией. Во-вторых, началось безбоязненное общение учеников с представителями научного сообщества.

В результате внедрения первого, пробного учебного курса по патентной деятельности были получены следующие основные результаты.

1. Основным препятствием к правовой защите РИД школьниками и студентами является, прежде всего, психологический фактор и незнание патентного законодательства.

2. Психологический барьер начинающих изобретателей, как студентов, так и школьников, вполне может быть преодолен, если руководствоваться педагогическими принципами Л.С.Выготского о процессе обучения и развития как расширении зон актуального и ближайшего развития, применительно к области интеллектуальной собственности [3].

3. Основное внимание было направлено на простое и доступное изложение материала с целью реализации начальных принципов заинтересованности учеников — от живого созерцания к абстрактному мышлению, от простого к сложному.

4. Отдельный раздел курса — это патентное делопроизводство. Личный пример помог преодолеть трудности [4].

5. На конкретных примерах доказано, что не следует бояться ошибок в процессе патентной защиты РИД. Ошибаться могут как заявители, так и эксперты, например, запрашивая разъяснения описания технического решения или оформленной патентной документации.

6. В процессе реализации учебного курса было выполнено распределение обязанностей. Задачи ученика — думать, пробовать, изобретать, испытывать. Задачи руководителя — проверять, помогать, исправлять, оформлять, постоянно беседовать с учеником, составлять формулу изобретения или полезной модели.

7. Результат работы проявился очень быстро, хотя не сразу. Через полтора-два года произошёл качественный пересмотр отношения учеников к защите РИД, который выразился в количественных показателях поданных заявок и полученных патентов. Доказательством интереса стал рост в геометрической прогрессии числа учеников, начавших общение с Роспатент, резкое увеличение числа заявок.

Список используемых источников:

1. Мир интеллектуальной собственности. — №1. — 2021. — Роспатент. — ФГБОУ ВО РГАИС. — Ред. коллегия Ивлиев Г.П. и др. — 44 с.

2. Райм Л., Никлаус А.А. Чем больше хороших специалистов, тем сильнее рынок интеллектуальной собственности / Мир интеллектуальной собственности. — №1. — 2021. — ФГБОУ ВО РГАИС. — Ред. коллегия Ивлиев и др. — 44 с. — С.13–14.

3. Выготский Л.С. Психология развития ребёнка. — М.: Изд-во Смысл, Изд-во Эксмо, 2005. — 512 с. — ISBN 5-699-13731-9.

4. Екимовская А.А. Учебная установка для демонстрации силы натяжения вращающейся печетки. Патент на изобретение RU 2800901.

Анализ проектов АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей» с учетом применения методологии управления изменениями

Ермилов Я.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Калошина М.Н.

МАИ, Москва

В Концерне существуют проекты, находящиеся на стадии заморозки, остановки или продления. Примерами служат проекты С-500, Абакан и Нудоль, приостановленные по ряду причин, включая финансовые трудности, технические проблемы и изменения в геополитической обстановке. Финансовый кризис может привести к сокращению бюджетных ассигнований на оборону, что, в свою очередь, обуславливает заморозку или приостановку не первостепенных проектов. В ходе разработки и испытаний новых систем вооружения могут быть выявлены технические проблемы, требующие устранения перед началом серийного производства, что также может привести к приостановке проекта. Изменения в геополитической обстановке могут привести к пересмотру приоритетов в области обороны, требуя заморозки или приостановки проектов, не отвечающих новым требованиям. В случае с Концерном основными причинами заморозки/приостановки стали финансовые трудности и необходимость переосмысления концепции ПВО в свете новых вызовов. В то же время, есть примеры возобновления ранее замороженных проектов, таких как С-300В4, С-500 Прометей", Авангард и Кинжал, что было обусловлено улучшением финансового положения России в 2000-х годах. Кроме того, ряд проектов Алмаз-Антей был продлен, включая С-350 Витязь, Тор-М2ДМ и Бук-М3, а также работы по модернизации существующих систем ПВО (С-300, С-400, Панцирь-С1). Продление сроков разработки и модернизации обусловлено необходимостью повышения эффективности систем ПВО в условиях новых угроз. Как показывает анализ, Концерн реализует комплексную программу развития систем ПВО, включающую разработку новых комплексов, модернизацию существующих систем и возобновление ранее замороженных проектов.

Список используемых источников:

1. Зуб А.Т. Управление стратегическими изменениями в организациях: Учебник / А.Т. Зуб. — М.: Форум, 2018.
2. Распопов В.М. Управление изменениями: Учебное пособие / В.М. Распопов. — М.: Магистр, 2018.
3. Резник С.Д. Управление изменениями: Учебник / С.Д. Резник, И.С. Чemezov, М.В. Черниковская. — М.: Инфра-М, 2018.

Методы прогнозирования будущего России

Ермолаев Д.С.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Безклубая С.А.

МАИ, Москва

Государство, не изучающее пути и способы собственного развития, обречено быть объектом проектирования со стороны других геополитических субъектов. Так, утрата СССР видения будущего и методологии его построения привели страну к кризису и гибели. Необходимость выстраивания современной Россией долгосрочной стратегии будущего, актуализирует исследование методов прогнозирования.

Целью исследования является рассмотрение методов прогнозирования будущего России как способов исследования объектов прогнозирования, способов интенсивного совершенствования существующих сегодня технологических, экономических, социальных и политических тенденций, а также экстраполяцию их новых версий в прогрессивное будущее. Основная задача исследования — выделить среди всех методов прогнозирования наиболее приемлемые для России как многонационального суверенного государства-цивилизации.

Выстраивание эффективной методологии прогнозирования динамики развития всех сфер деятельности, процессов и явлений в структуре российского государства основано на актуальном для нашей страны и её граждан мировоззрении. Позиционирование современной

Россией себя как государства-цивилизации позволяет выделить основные прогностические направления: внутреннее — цивилизационное самовосстановление и в планетарном масштабе — переход к модели многополярного мира, основанного на взаимовыгодном взаимодействии разных цивилизаций.

Российский образ будущего может противоречить конструированию его другими геополитическими силами. Столкновение кардинально противоположных футуристических образов было в прошлом (во время Великой Отечественной войны), есть и сегодня (в вопросе трактовки традиционных ценностей, понимания духовности). «Размывание традиционных для отечественной культуры ценностей делает бессмысленным для личности все позитивные формы социальной активности, ведёт к утрате целей существования, не позволяет формироваться основам духовности» [1]. В таких условиях творческий подход к формированию необходимой для развития России методологии прогнозирования окажется не возможен.

Всё разнообразие методов прогнозирования сводится к десяти основным методам: экстраполяции (перенос выводов о фиксируемых сейчас тенденциях в будущее); циклов (смена периода упадка должна смениться периодом роста); аналогий (выявляет закономерности и распространяет их на будущее); экспертных оценок (оценивает влияние различных видов человеческой деятельности на будущее); компьютерного моделирования (обрабатывает большие массивы информации); разведки (получение информации о планах); сценарной игры (развёртывание разных сценариев будущего); маятника(смена вектора развития на противоположный); откровений (борьба добра и зла); диалектический метод (выявление ключевого противоречия и его разрешение) [2].

Для России, исходя из истории и многонациональной культуры нашей страны, наиболее актуальны такие методы прогнозирования как: экспертных оценок, компьютерного моделирования, аналогий.

Список используемых источников:

1. Безклубая С. А. Философия в техническом вузе как способ формирования духовности студенческой молодёжи // Человеческий капитал. №3 (123). 2019. С. 88.
2. Агеев А. И., Куроедов Б. В. Особенности применения методологии стратегической матрицы при прогнозировании развития государств (на примере России и Китая). М.: Институт экономических стратегий, 2008.

Использование искусственного интеллекта на предприятиях аэрокосмической сферы: перспективы и вызовы

Качанов Д.К.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Арсеньева Н.В.

МАИ, Москва

В современном мире искусственный интеллект (ИИ) становится все более важным компонентом различных отраслей промышленности, включая аэрокосмическую сферу. За последние десятилетия технологии ИИ претерпели значительное развитие, что привело к их широкому применению в различных областях, включая автомобилестроение, здравоохранение, финансы и многие другие. Однако, аэрокосмическая отрасль, с ее высокими стандартами качества и безопасности, также является потенциальным полем применения ИИ.

В настоящее время технологии ИИ активно применяются в аэрокосмической сфере для различных задач. Это включает в себя автоматизацию производственных процессов, управление ресурсами, оптимизацию логистики и многое другое. Алгоритмы машинного обучения используются для анализа данных, управления беспилотными летательными аппаратами и создания автономных систем. Однако, несмотря на значительные преимущества, применение ИИ в аэрокосмической отрасли также сопряжено с рядом вызовов и ограничений.

Именно эти перспективы и вызовы применения ИИ на предприятиях аэрокосмической сферы и будут являться объектом нашего исследования. Мы рассмотрим текущее состояние

применения ИИ в данной отрасли, исследуем возможности его использования для оптимизации производственных процессов, улучшения качества продукции и обеспечения безопасности. Также мы проанализируем вызовы, с которыми сталкиваются предприятия при внедрении и использовании ИИ, и рассмотрим возможные стратегии их преодоления.

Наше исследование будет направлено на более глубокое понимание роли и потенциала искусственного интеллекта в аэрокосмической индустрии и на разработку рекомендаций по оптимальному использованию этой технологии на предприятиях данной отрасли. Таким образом, мы стремимся внести вклад в повышение эффективности и конкурентоспособности аэрокосмической индустрии через применение современных технологий ИИ.

Список используемых источников:

1. Сапунов А.В., Сапунова Т.А. АКТУАЛЬНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УПРАВЛЕНИИ ПРОИЗВОДСТВОМ НА ПРЕДПРИЯТИИ // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. №5-3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnost-vnedreniya-iskusstvennogo-intellekta-v-upravlenii-proizvodstvom-na-predpriyatii> (дата обращения: 23.02.2024).

2. Naomi Haefner, Joakim Wincent, Vinit Parida, Oliver Gassmann, Artificial intelligence and innovation management: A review, framework, and research agenda☆, Technological Forecasting and Social Change, Volume 162, 2021, 120392, ISSN 0040-1625, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120392>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004016252031218X>) (дата обращения: 23.02.2024)

Системы M2M как инструмент повышения эффективности работы авиакомпаний

Кобец П.И.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Тихонов Г.В.

МАИ, Москва

Системы M2M (Machine-to-Machine) представляют собой сеть взаимосвязанных устройств, которые обмениваются данными и информацией без необходимости человеческого вмешательства, они позволяют автоматизировать и улучшить многие процессы в деятельности предприятий разных отраслей, что приводит к повышению их эффективности. В авиации они играют важную роль в обеспечении безопасности полетов, оптимизации процессов обслуживания и снижении операционных затрат авиакомпаний.

Четыре основных направления применения M2M систем в авиации:

1. Мониторинг и диагностика оборудования. Системы M2M позволяют проводить удаленный мониторинг и диагностику состояния, оборудования на борту и в аэропорту в реальном времени. С помощью специальных датчиков и устройств, информация о работе самолета, двигателей, систем безопасности, электроники и других компонентов самолета передается в центр управления автоматически. Это позволяет оперативно выявлять и устранять неисправности, предотвращать аварии и сбои в работе самолетов. устранять их до того, как они приведут к серьезным поломкам и задержкам рейсов.

2. Управления расходом топлива на борту, мониторинг условий полета и прогнозирования возможных проблем в обслуживании и ремонте самолетов. Автоматизация процессов позволяет сократить временные и финансовые затраты на обслуживание авиационной техники и повысить безопасность полетов.

3. Автоматизация процессов управления запасами и логистики в авиакомпаниях. Благодаря возможности автоматического мониторинга запасов, авиакомпании могут оптимизировать управление инвентаризацией, предотвращать нехватку или избыток запасов, а также сокращать время и затраты на процессы логистики.

4. Контроль безопасности. Системы M2M позволяют авиакомпаниям проводить постоянный мониторинг безопасности полетов, автоматически выявлять потенциальные угрозы и принимать меры по их предотвращению. Это позволяет сократить риски аварий и инцидентов.

Таким образом, системы M2M представляют собой инновационный инструмент, который может помочь авиакомпаниям повысить эффективность своей работы, улучшить обслуживание самолетов, оптимизировать управление запасами и логистикой, а также снизить операционные издержки.

Технологии в роли спасителей: улучшение трудовых условий и повышение производительности

Коновалова В.С.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Тихонов Г.В.

МАИ, Москва

Изучение потенциала передовых технологий и определение решений, которые можно внедрить и которые внедряются компаниями в данный момент для создания более совершенных, комфортных и безопасных условий труда, а также изучение примеров успешного применения современных технологий во всевозможных сферах деятельности, позволит выявить лучшие практики и определить, какие конкретные инновации могут быть адаптированы для улучшения рабочих условий.

Современные технологии играют ключевую роль в улучшении трудовых условий рабочих и повышении производительности в различных отраслях промышленности. Благодаря автоматизации и роботизации производственных процессов, а также использованию искусственного интеллекта, работники могут избавиться от тяжелых и монотонных операций, что снижает риск травм и переутомления, освобождая время для более важных задач, в которых требуется полное участие человека.

Кроме того, использование современных технологий позволяет улучшить контроль за производственными процессами, сократить временные чрезмерные затраты и повысить точность выполнения работ. Это позволяет повысить производительность труда и качество выпускаемой продукции.

Например, в сфере здравоохранения технологии помогают улучшить диагностику и лечение пациентов, в сфере образования — сделать обучение более доступным, интересным и эффективным, в сфере авиаперевозок — обеспечить безопасность и комфорт пассажиров, избежать излишне опасных операций работников аэродрома, где особенно актуальна проблема получения травм и ошибок в подготовке техники.

Таким образом, технологии играют важнейшую роль в создании комфортных и безопасных условий труда для людей, а также в повышении эффективности производства, улучшении качества продукции и качества жизни общества в целом.

Список используемых источников:

1. Ахметов С. «Маховик уберизации»: как цифровые платформы изменят наш подход к работе, 2020.
2. Долженко Р.А. Перспективы и возможности использования технологии блокчейн в системе трудовых отношений // Журнал экономической теории, 2018. Т. 15. № 3. С. 488–495.
3. Щетинина Н. Ю. Индустрия 4.0: практические аспекты реализации в российских условиях // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе, 2017. № 1 (21). С. 75–84.

Экономические аспекты высокотехнологичных предприятий аэрокосмической сферы

Курушина И.А., Мишунин А.С.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Мезина Н.А.

МАИ, Москва

Высокотехнологичные предприятия в аэрокосмической сфере играют ключевую роль в экономике многих стран. Они обладают продвинутыми технологиями и сотрудниками высокой квалификации, что позволяет им разрабатывать и производить инновационные продукты и услуги.

Основные экономические аспекты высокотехнологичных предприятий в аэрокосмической сфере:

1. Инновации и исследования. Аэрокосмические предприятия постоянно занимаются разработкой новых технологий, что способствует развитию науки и инноваций. Это позволяет создавать конкурентноспособные продукты и улучшать существующие.

2. Экспорт. На мировом рынке существует большой спрос на продукцию аэрокосмической отрасли. Экспорт таких товаров приносит стране значительные доходы и способствует укреплению экономики.

3. Занятость. Аэрокосмические предприятия обеспечивают рабочие места для высококвалифицированных специалистов, что способствует увеличению уровня занятости в стране и развитию человеческого капитала.

4. Инфраструктура. Для работы высокотехнологичных предприятий в аэрокосмической сфере необходима соответствующая инфраструктура, такая как научные центры, образовательные учреждения, транспортные системы и другие. Развитие подобной инфраструктуры способствует стимулированию экономического роста регионов.

5. Конкурентоспособность. Развитие конкуренции в аэрокосмической сфере, обусловленное деятельностью высокотехнологичных предприятий, является мощным стимулом для улучшения качества продукции и снижения цен.

6. Инвестиции в исследования и разработку. Развитие высокотехнологичных предприятий в аэрокосмической отрасли требует больших вложений в научные исследования и создание инновационных технологий. Эти инвестиции могут быть очень высокими, но они необходимы для создания конкурентноспособных продуктов и услуг.

7. Рынок и спрос. Аэрокосмическая отрасль является очень конкурентной, и предприятия должны постоянно следить за изменениями на рынке и адаптироваться к ним. Рост спроса на авиационные и космические услуги может создавать возможности для развития бизнеса, но также требует гибкости и оперативности.

8. Глобализация. Мировая экономика становится все более глобализованной, и предприятия аэрокосмической сферы должны быть готовы к конкуренции не только на своем рынке, но и за его пределами. Это требует развития международных стратегий и партнерств, а также адаптации к местным особенностям различных рынков.

9. Регулирование и стандартизация — аэрокосмическая отрасль подвержена строгому регулированию и стандартизации, включая законы, нормативы и требования безопасности. Предприятия должны соблюдать эти нормы, что может затруднять процесс производства, но также обеспечивает уровень качества и надежности продукции.

10. Инновации и конкурентоспособность — в условиях быстрого развития технологий и появления новых конкурентов предприятиям аэрокосмической отрасли необходимо постоянно инвестировать в инновации и развитие новых продуктов.

Список используемых источников:

1. Стратегия развития авиационной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года. — [Электронный ресурс] — режим доступа: URL:https://aviatp.ru/files/strategicaccents/Strategiya-2030_proekt_05102017.pdf [Дата обращения: 19.01.2024].

2. Бусов, В. И. Управленческие решения : учебник для вузов / В. И. Бусов. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 254 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01436-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/510647> (дата обращения: 05.10.2023).

Модель формирования команды инновационного проекта промышленного предприятия

Ломакина А.Д., Ильенко Д.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Москвичева Н.В.

МАИ, Москва

Современные требования государства к компаниям в области инноваций сталкиваются с серьезными проблемами внутренней организационной структуры и качества человеческих ресурсов. В условиях растущей потребности предприятий в эффективных механизмах адаптации и оптимальном использовании ограниченных человеческих ресурсов, а также при отсутствии достаточно уникальных теоретических и методических основ в данной области, возникает вызов, который требует пересмотра подходов к точному и эффективному распределению человеческих ресурсов в контексте инновационного развития предприятия.

Анализ темпов инновационного развития экономики показал, что доля инновационной продукции в общем объеме товаров, работ, услуг находится на стабильно невысоком уровне и не показывает темпов роста. В промышленности данный показатель снизился до 5% в 2022 году по сравнению с 7% в 2017 году. Анализ затрат на создание и внедрение инноваций демонстрирует стабильный рост, но в номинальных ценах, то есть без учета инфляции. Наибольший объем инвестиций приходится на промышленность и профессиональную научно-техническую деятельность. Анализ рынка труда показывает рекордно-низкий уровень безработицы, дефицит трудовых ресурсов, особенно в производственной сфере. Для экономики это является угрозой сдерживания темпов роста и развития.

На основе анализа результатов исследования методов командного управления, особенностей инновационной деятельности промышленных предприятий и современной обстановки на рынке, была разработана система принципов и модель командного управления инновационными проектами. Главная цель этих инноваций — увеличение эффективности инновационных проектов на промышленных предприятиях. Представленная модель охватывает три ключевых уровня: оценку готовности предприятия к внедрению инноваций, детальный анализ эффективности проектов и формирование команд, наилучшим образом подходящих для конкретных проектов промышленных предприятий. Предложена методика формирования команд на основе оптимизационных принципов портфельного подхода, позволяющая обосновать набор участников проекта с учетом их компетенций, опыта и потенциала.

Результаты исследования имеют важное значение для руководителей предприятий, помогая принимать обоснованные решения при формировании команд и реализации инновационных проектов. Предложенные методы открывают новые перспективы для дальнейших исследований в области влияния человеческого фактора на инновационные процессы и разработки более точных методов оценки эффективности в контексте командного управления.

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р 54869 — 2011 Проектный менеджмент. Требования к управлению проектом
2. ГОСТ Р 54870 — 2011 Проектный менеджмент. Требования к управлению портфелем проектов
3. Practice Standard for Project Risk Management
4. Основы профессиональных знаний и национальные требования к компетентности специалистов по управлению проектами (НТК)

Основные аспекты организационно-управленческой деятельности на предприятиях задействованных в проектировании авиационной продукции

Лунев В.С., Андреева Э.Э.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Мезина Н.А.

МАИ, Москва

Эффективное управление и организация на предприятиях, занимающихся проектированием авиационной продукции, имеет огромное значение, поскольку авиационная индустрия является одной из наиболее сложных и технологичных отраслей.

Проектирование авиационной продукции требует высоких технических знаний, инновационных подходов и строгого соблюдения стандартов безопасности. Для обеспечения качества продукции, соблюдения сроков и бюджетов, а также минимизации рисков необходимо эффективное управление и организация процессов на предприятии.

Организация работы на предприятии должна быть построена таким образом, чтобы обеспечить эффективное взаимодействие между различными подразделениями — от проектирования и инженерии до производства и тестирования продукции.

Эффективное управление проектами, использование современных методов планирования и контроля, а также обеспечение достаточного уровня квалификации персонала — все это является ключевыми компонентами успешной работы предприятия.

Более того, в авиационной отрасли имеет особенное значение соблюдение международных стандартов, норм и правил безопасности, поэтому эффективное управление и организация на предприятии обязательно должны включать в себя строгое соблюдение всех требований и нормативов.

Ключевые аспекты организационно-управленческой деятельности на предприятиях, занимающихся проектированием авиационной продукции, включают в себя:

1. Планирование, включающее определение целей и задач проекта, а также распределение ресурсов и сроков.

2. Организацию работы команды проектировщиков: формирование эффективных творческих коллективов, разработка структуры управления и распределения обязанностей.

3. Осуществление надзора над выполнением задач включает в себя мониторинг прогресса работ, контроль финансовых затрат и соблюдение установленных временных рамок.

4. Взаимодействие с заказчиками и подрядчиками: обеспечение эффективного взаимодействия с различными сторонами проекта, соблюдение договорных обязательств.

5. Управление качеством: контроль за соответствием разработанной продукции требованиям стандартов и заказчиков, улучшение процессов проектирования.

Таким образом, эффективное управление и организация на предприятиях, занимающихся проектированием авиационной продукции, являются необходимыми для обеспечения успешной деятельности, конкурентоспособности и безопасности в данной сложной и ответственной отрасли.

Список используемых источников:

1. Цифровая трансформация промышленных предприятий в условиях инновационной экономики. Монография / Под научной редакцией доктора экономических наук Веселовского М.Я. и кандидата экономических наук Хорошавиной Н.С. — М.: Мир науки, 2021. — Сетевое издание. Режим доступа: <https://izdmn.com/PDF/06MNNPM21.pdf> — Загл. с экрана.

2. Бондаренкова, И. В. Б 811 Интегрированные системы управления жизненным циклом продукции: учебно-методическое пособие / И. В. Бондаренкова. — СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2022. — 55 с.

Интегрированная логистическая поддержка в гражданской авиации

Лухманова Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Мезина Н.А.

МАИ, Москва

Интегрированная логистическая поддержка в гражданской авиации в России в 2024 году играет ключевую роль в обеспечении надежности и безопасности авиационных операций. Она включает в себя координацию и управление всеми процессами и ресурсами, необходимыми для обеспечения бесперебойной работы авиапарка, обслуживания и ремонта воздушных судов, а также обеспечения запасов запчастей и материалов. Несмотря на временные ограничения на полеты в некоторых регионах России и запрет на доступ воздушному пространству для самолетов из недружественных стран, грузовые авиаперевозки продолжают активно развиваться.

Именно поэтому развитие интегрированной логистической поддержки наиболее актуально, важным аспектом является эффективное планирование и управление запасами, что позволяет минимизировать время простоя воздушных судов и обеспечивать оперативное реагирование на возможные проблемы. Также важным элементом является создание эффективной системы обучения и повышения квалификации персонала, что влияет на качество обслуживания и безопасность полетов.

Интегрированная логистическая поддержка в гражданской авиации направлена на повышение эффективности и конкурентоспособности авиационной отрасли, что в свою очередь способствует развитию экономики и обеспечению безопасности пассажиров и экипажей.

Для значительного увеличения производительности процессов разработки и обслуживания современных самолетов используются информационные системы CALS (Continuous Acquisition and Lifecycle Support), обеспечивающие непрерывную поддержку в процессе поставки и обслуживания изделий. Это методика управления жизненным циклом изделий, которая включает в себя использование компьютерных технологий для сбора, анализа и передачи данных.

Система позволяет автоматизировать и упрощать процессы технического обслуживания, ремонта, поставки запасных частей и обеспечения совместимости систем авиационной техники. Она также обеспечивает возможность централизованного контроля за состоянием и доступностью оборудования, улучшает оперативность реагирования на нештатные ситуации и оптимизирует затраты на логистику и обслуживание.

В будущем развитие интегрированной логистической поддержки в гражданской авиации России обещает быть достаточно перспективным. С увеличением авиационных технологий и индустрии возрастает потребность в эффективной логистической поддержке для обеспечения бесперебойной работы авиакомпаний.

Стремительное развитие информационных технологий, таких как системы управления складом и учет материалов, позволит оптимизировать процессы управления запасами, улучшить качество обслуживания и снизить операционные издержки.

Центры логистической поддержки, обеспечивающие комплексное обслуживание авиакомпаний в плане закупок, хранения запасных частей, обучения персонала и проведения технического обслуживания, также будут играть важную роль в развитии данной сферы.

Сотрудничество между авиакомпаниями, производителями запасных частей и логистическими компаниями будет способствовать оптимизации цепочек поставки и обеспечению оперативного реагирования на рыночные потребности.

Таким образом, развитие интегрированной логистической поддержки в гражданской авиации в России в будущем будет способствовать повышению эффективности работы авиакомпаний, снижению рисков и улучшению уровня обслуживания для пассажиров.

Список используемых источников:

1. Казьмина И.В. Особенности логистической поддержки эксплуатации авиационной техники // Символ науки. 2019. № 2. С. 35–37.

2. Казьмина И.В. Экономические аспекты логистической поддержки применительно к технической эксплуатации авиационной техники // Организатор производства. 2019. Т. 27. № 1. С. 72–80.

3. Метельская М.Н. Сущность и значение системы интегрированной логистической поддержки авиационной техники // Логистические системы в глобальной экономике. 2019. № 9. С. 371–374.

4. Рубинов В.И., Чистилин Д.А., Воробьев В.А. Внедрение систем интегрированной логистической поддержки изделий авиационной техники // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2018. № 5 (5). С. 94–98

Проблемы российской гражданской авиации 2024 года

Мещеряков Н.Н.

Научный руководитель — доцент, Тихонов Г.В.

МАИ, Москва

Нехватка современной импортной и отечественной авиатехники. Несмотря на огромную работу, проделанную за последние 20 лет по обновлению авиапарка авиакомпаний, формирование и реализации плана выпуска самолетов до 2030 года, эта проблема все равно остается довольно серьезной по причине того, что очень многие авиакомпании не смогли обновить свой авиапарк до введения санкций, и в первую очередь это касается региональных авиакомпаний.

Проблемы аэропортов в России. Несмотря на то, что за последнее время огромное количество аэропортов прошло модернизацию, авиация России все равно ощущает проблему неполного оснащения, нехватки аэропортов, а также устарелость многих аэропортов страны и отсутствие существенных модернизаций. Хотя и относительно недавно вышел план реконструкций и модернизаций многих аэропортов, ситуация пока, к большому сожалению, оставляет желать лучшего.

Нехватка пилотов, а также неработающая карьерная лестница профессионального роста летного. Эта проблема является довольно серьезной, поскольку монополию на подготовку и трудоустройство пилотов на сегодняшний день почти полностью находится в руках государства. Но при этом в случае кризиса авиаперевозок очень многие пилоты остаются без работы и как правило уезжают летать за границу. Но при этом частные пилоты не могут работать в авиакомпаниях из-за бюрократических проблем, хотя они вполне могут исправить ситуацию.

Проблемы организации авиапромышленности. Эта проблема является ключевой, и непродуманные процессы производства, не дают нашей авиапромышленности успешно и стабильно развиваться.

Список используемых источников:

1. Морозова В. Ю. Проблемы воздушного транспорта России // Вестник транспорта. 2009.

2. Калдин А. М., Титов Б. А. Проблемы безопасности на воздушном транспорте Российской Федерации // Логистические системы в глобальной экономике.

3. Дугин Г. С. Проблема снижения вредных выбросов на воздушном транспорте // Вестник транспорта. 2011.

4. Сиднева И. Е. Проблема готовности будущих пилотов гражданской авиации к профессиональной деятельности // Мир науки, культуры, образования.

Рейтинговая оценка эффективности финансово-экономической деятельности предприятий: ключевые критерии и подходы

Носова В.Д.

Научный руководитель — к.э.н. Мезина Н.А.

МАИ, Москва

Быстрое и грамотное принятие управленческих решений на предприятиях — это взгляд на финансово-экономическое состояние предприятий, которые входят в состав предприятия и выполняют всю работу по созданию и поддержанию всего жизненного цикла выпускаемой продукции. Объективность в оценке эффективности финансово-хозяйственной деятельности

необходима для принятия управленческих решений, поэтому используются подходы, основанные на рейтингах и расчете суммарных балльных значений, а также наиболее распространенные методы и модели. Изучение методических аспектов рейтинговой оценки эффективности финансово-хозяйственной деятельности предприятий позволяет определить наиболее подходящий для предприятия подход.

Цель: изучить особенности методологии рейтинговой оценки. Проанализировать систему финансовых показателей, используемых в рейтинговых оценках. Оценить совместимость значений финансовых показателей с оптимально рекомендуемыми значениями.

Дизайн исследования: проанализировать подход к определению сводных показателей на основе экономико-математических методов.

Результаты: представлены частные и сводные показатели предприятий по различным видам экономической деятельности, разработана рейтинговая система ранжирования предприятий, представлены аналитические выводы об эффективности финансово-хозяйственной деятельности предприятий и проведен критический анализ результатов рейтинговой оценки. Необходимость постоянного мониторинга и диагностики финансового состояния компании существует в крупных компаниях, имеющих в своем составе корпорации, холдинги и дочерние предприятия. В связи с этим необходимо рассмотреть следующие моменты: существующие методические подходы к разработке систем ранжирования компаний обычно состоят из системы показателей, совокупность которых дает комплексную оценку финансово-экономического состояния компании и перспектив ее развития. При этом каждому значению показателя соответствует соответствующий ранг, а сумма рангов представляет собой сводный показатель. Как правило, для более точной оценки и исключения противоречивых выводов рекомендуется использовать не более пяти-шести показателей.

Список используемых источников:

1. Велесевич В.И. Организационно-экономический механизм диагностики несостоятельности предприятий угольной промышленности / В.И. Велесевич, Ю.А. Малышева // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2005, no. 5, с. 11–15.
2. Крылова Е.В. Особенности рейтинговой оценки банков в комплексном подходе оценки банковской деятельности // Инновации. Наука. Образование, 2021, no. 26, с. 153-158.
3. Суркова Е.В., Мажайский Ю.А. Разработка метода оценки финансовых результатов авиационных предприятий //СТИН, 2021, no. 7, с. 45–48.
4. Суркова Е.В., Скачко Г.А. Методические подходы к управлению финансовой устойчивостью двигателестроительных предприятий // В сборнике: Наука. Промышленность. Оборона. Труды XIX Всероссийской научно-технической конференции: в 4 томах. Под ред. С.Д. Саленко. 2018, с. 167–170.

Анализ перспектив развития гражданской авиации в России для региональных авиаперевозок

Первов В.М.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Чайка Н.К.

МАИ, Москва

Как известно, дальневосточная часть Российской Федерации обладает большим потенциалом для экономического развития. На данный момент авиасообщение в этой части России играет важную роль в стимулировании экономики и развития производства за счет обеспечения работы логистических систем. Зачастую использование летательных средств является единственным способом передвижения в том числе из-за морозов и отсутствия дорог. То есть, для более активного развития экономики в более отдаленных и труднодоступных регионах необходимо удешевить авиасообщение, сделать его достаточно доступным каждому для регулярных перелетов и развить инфраструктуру для повышения гибкости маршрутов. Ситуация осложняется тем, что, в связи с наложенными санкциями и усложненным производством, такие российские самолеты как ЛМС-901 «Байкал», подходящие для региональных авиаперевозок, стали еще дороже.

Например, «Байкал» несколько лет назад оценивался в 120 миллионов рублей и включал в себя в детали и компоненты иностранного производства, в том числе его двигатель был американским. Сейчас же, из-за замены двигателя на отечественный и общего процесса импортозамещения, цена самолёта оценивается приблизительно в 178 миллионов рублей. Для сравнения, на стоимость одного ЛМС-901 «Байкал» можно купить 48 самолётов АН-2.

Давайте сравним основные характеристики этих самолетов:

АН-2

Масса полезной нагрузки 1500 кг

Крейсерская скорость 185 км/ч

Длина разбега 150 м

Дальность полета 990 км

ЛМС-901 «Байкал»

Масса полезной нагрузки 2000 кг

Крейсерская скорость 300 км/ч

Длина разбега 220 м

Дальность полета 3000 км

Вывод:

Из этого сравнения можно сделать вывод, что новые российские самолёты, такие как Байкал, несмотря на превосходство над более старыми моделями, остаются недоступными для региональных авиаперевозчиков из-за своей высокой цены. В связи с этим продолжают использоваться такие самолеты как Ан-2, которые, несомненно, хорошо выполняют свою работу, но уже требуют замены на более быстрые, грузоподъемные самолеты легкого класса с большей дальностью полета. На данный момент перед государством стоит задача удешевления производства своих самолетов для обеспечения их доступности на авиарынке.

Целью данного исследования является анализ возможности использования новейших отечественных самолетов вместо советских моделей на региональных маршрутах с учетом их технических и эксплуатационных характеристик.

Список используемых источников:

1. Самолёт Ан-2: фото, описание, история создания и характеристики (tutu.ru)

2. МАКС-2021: ЛМС-901 «Байкал» (livejournal.com)

3. Стоимость самолета «Байкал» для регионов России выросла почти наполовину — РБК (rbc.ru)

Проблемы и перспективы развития авиационной промышленности в России

Пермяков П.Ю.

Научный руководитель — профессор, д.э.н. Путятин Л.М.

МАИ, Москва

Авиационная промышленность России имеет богатое наследие и огромный потенциал для дальнейшего развития. Несмотря на многочисленные санкции, с которыми отрасль столкнулась за последние пару лет, наша страна до сих пор является одним из лидеров в производстве авиационной техники, включая пассажирские самолеты, бомбардировщики, истребители, вертолеты и беспилотные летательные аппараты.

Важнейшим стратегическим направлением развития авиационной промышленности в России является ускоренный переход на отечественную авиационную технику и модернизация имеющихся производственных мощностей. Развитие отношений со странами запада становятся все сложнее, поэтому, чтобы оставаться конкурентоспособной и независимой, российская авиационная промышленность должна постепенно перейти к тому, что количество отечественных гражданских самолетов должно достигнуть минимум 80% от общего числа. Следовательно, так же необходимо наладить производство запасных частей и комплектующих к новым российским самолетам.

Еще одним важным аспектом развития авиационной промышленности в России является обучение и подготовка кадров. Для того чтобы сохранить свои позиции и конкурировать с зарубежными производителями, российские авиационные предприятия должны иметь доступ

к высококвалифицированным специалистам. Поэтому важно инвестировать в образование и подготовку кадров, а также содействовать переподготовке и повышению квалификации работников отрасли.

Так же одним из ключевых факторов, способствующих развитию авиационной промышленности в России, является активное сотрудничество с зарубежными партнерами. За последние годы были заключены ряд стратегических соглашений с другими странами, в том числе и создание общего Фонда развития гражданской авиационной промышленности с Китаем.

Несмотря на все перспективы, у авиационной промышленности в России есть и свои проблемы. Из них можно выделить следующие:

1. Отставание в развитии инфраструктуры и технологий по сравнению с зарубежными конкурентами. Для устранения этой проблемы необходимо увеличить инвестиции в отрасль, модернизировать производственные мощности и развивать научно-технический потенциал.

2. Ограниченная конкурентоспособность российских авиакомпаний обусловлена старым авиационным парком, отсутствием передовых технологий и недостатком инвестиций со стороны государства, что мешает им эффективно соперничать с зарубежными компаниями.

3. Нехватка кадров для производства. Недостаточно высококвалифицированных специалистов для создания и обслуживания новых или вновь производимых воздушных судов приводит к медленному и развитию и отставанию от глобального прогресса.

Таким образом, перспективы развития авиационной промышленности в России выглядят очень обнадеживающе. При условии сохранения стабильной экономической ситуации и поддержки со стороны государства отечественные авиационные предприятия смогут укрепить свои позиции на рынке и стать конкурентоспособными игроками в глобальной авиационной индустрии.

Список используемых источников:

1. Ерошенко П. Е., Масловская А. М. Перспективы развития рынка российской космической техники // Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития: сборник материалов ХУШ Международной научно-практической конференции / под общ. ред. С. С. Чернова — Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2015. — С. 203–206.

2. Юдина З.А. Реструктуризация ракетно-космических предприятий // Производственный менеджмент: теория, методология, практика: сборник материалов II Международной научно-практической конференции / Под общ. ред. С.С. Чернова. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015. — С. 185–190.

3. Власенко А.В., Задунова А.Э. Перспективы развития ракетно-космической отрасли в России // Экономика и управление в XXI веке: тенденции развития: сборник материалов XXXIV Международной научно-практической конференции / Под общ. ред. С.С. Чернова. — Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2017. С. 160–165.

Разработка и исследование методики повышения эффективности организации сборочного производства

Пономарева В.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Хомутская О.В.

МАИ, Москва

Научные публикации, посвященные вопросам эффективности организации производства, как правило, рассматривают частные методики оценки и/или повышения эффективности, предназначенные для решения конкретных задач предприятия. Экономической наукой разработаны разного рода локальные критерии, которые описывают какую-либо деятельность (экономическую, техническую, социальную и т.д.), однако их аналитическая зависимость друг от друга образует сложную систему, анализ которой не позволяет делать методологически корректный вывод о предпосылках, определяющих первопричины текущего состояния. Локальные показатели зачастую являются следствиями взаимовлияния общесистемных факторов производственного процесса. Дополнительную трудность вносит и динамический

характер системы, поскольку для прикладной значимости разрабатываемой модели необходимо брать в расчет и постоянно изменяющуюся внешнюю и внутреннюю среду предприятия [1].

За критерий эффективности организации производства принята синхронность работы всех составляющих производственной системы с целью обеспечения заданного такта. Невозможность анализа отдельных подсистем обусловлена тем, что система, являясь сложной, обладает свойством эмерджентности и требует рассмотрения взаимовлияния структур, входящих в её состав [2]. Таким образом, выдвинута гипотеза о том, что возможно создание динамической модели, отражающей текущее состояние производственной системы, которая позволяет, во-первых, выявлять первопричины отклонения от заданного такта, во-вторых, определять возможные способы повышения эффективности, в-третьих, предиктивно оценивать влияние изменений в подсистемах организации производства на эффективность системы в целом.

Расчетное время выпуска изделия с финальной сборки определяет требуемый такт, который все подсистемы должны обеспечивать, поэтому оценка текущего состояния требует, в первую очередь, анализа производственного цикла сборки. Алгоритм поиска первопричин появления узких мест и дальнейший анализ возможных путей совершенствования производственной системы как инструмент должен быть прост и понятен широкому кругу специалистов, привлеченных к данной работе. Прикладная значимость данного исследования состоит в том, что решение проблемы низкой эффективности при подходе, учитывающем взаимосвязь отдельных структур, позволяет методически верно определять первопричины возникновения узких мест и качественно встраивать предлагаемые мероприятия в системный график планируемых улучшений.

Алгоритм позволяет определить первопричины узких мест в связке с подсистемами, что значительно повышает качество анализа текущего состояния системы, поскольку результат работы алгоритма говорит не только о процессе, который необходимо пересмотреть, но и предиктивно оценивает влияние вносимых изменений на общее состояние системы.

Предложенный метод анализа производственной системы является попыткой создать стройную последовательность шагов для оценки текущего состояния, позволяющую не только определить на соответствие синхронности организацию имеющихся производственных процессов, но и логично, с научным подходом, методически корректно разработать мероприятия, способствующие повышению эффективности организации сборочного производства. Комплексность подхода позволяет брать в расчет и те взаимосвязанные процессы, изменение которых окажет не только краткосрочное, но и долгосрочное влияние, имеющее значение в контексте достижения стратегических целей предприятия по совершенствованию производственной системы.

Список используемых источников:

1. Мизюн В.А. Качество организации и эффективность производства: критерии и методы оценки / Организатор производства. 2010. № 4. С. 64–71
2. Туровец О.Г., Родионова В.Н. Организация производства на предприятии: Учеб. пособие. — М.: ИНФРА. — М, 2005. 207 с. ISBN 5-16-002243-0

Цифровизация и её роль в поляризации российского общества

Попова Я.Д.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Безклубая С.А.

МАИ, Москва

Цифровизация как выражение глобального информационного бизнеса обостряет социальные проблемы государств. Поэтому актуально исследовать роль цифровизации в поляризации российского общества.

Цель работы — обозначить проблему поляризации российского цифрового общества как наиболее значимую.

Цифровизация есть превращение аналоговых данных в цифровой процесс. Цифровизация стала возможна в результате комбинации технологий искусственного интеллекта, машинного

обучения и больших данных, способных использовать неограниченное количество информации с целью её обработки, классификации и оцифровки реальности. Уровень доступности граждан к элементам цифровой экономики (электронной коммерции, электронным платежам, интернет-рекламе, электронному доступу к государственным услугам) определяет индекс цифровизации государства (DEI, Digital Evolution Index).

Цифровизация (интернет, телевидение, социальные сети, цифровой сервис, цифровые устройства для мониторинга состояния здоровья) предоставляет россиянину возможность стать более интеллектуальным, креативным, здоровым, социально адаптированным. При этом «цифровизация социального мира демонстрирует: открытый конфликт интересов (экономических, политических, культурных, безопасности) всего общества и отдельного человека; рост противоречий между свободной самоорганизацией личности и ограничениями государственной системы; между морально допустимым и недопустимым». Неравенство доступа к благам цифровизации, электронный контроль и ограничения со стороны государства усиливает поляризационные процессы в российском обществе.

Поляризация общества — деление его на конфликтующие группы или слои с противоположными взглядами, интересами, ценностями. В России социальное противостояние обнаруживается везде: в политике, экономике, культуре, образовании, здравоохранении, науке. В результате пандемии коронавируса и санкций в России усилился разрыв в уровнях дохода, доступе к услугам образования и высокотехнологичной медицине, к цифровой среде и возможностью трудоустройства. Цифровые средства коммуникации продолжают процесс поляризации — сокращая время доведения информации до широких масс, независимо от степени её важности и достоверности; влияя на формирование информационных экосистем, общественного мнения и делая людей более восприимчивыми к дезинформации и манипуляциям. Глобальная цифровизация предлагает россиянам множество социокультурных трендов (обесценивание труда, гедонизм, культ потребления, отрицание традиционной семьи) и психологических установок в вопросах морального выбора (нигилизм, индивидуализм, эгоизм), что приводит к ещё большему расслоению общества.

Цифровизация, поляризуя общество, создаёт в России политическое и экономическое напряжение. Выход из данной ситуации должен быть комплексным: создание равномерного доступа каждого россиянина к благам, правам, свободам (соответственно Конституции РФ); разработка и реализация всевозможных социальных проектов по укреплению национального единства (патриотизм, традиционные ценности) как государством (постановления правительства), так и общественными организациями (конкурсы, молодёжные движения).

Список используемых источников:

1. Svetlana A. Bezklubaya. Human and ethical risks of digitalization Nova prisutnost. № 3 (21). 2023. С. 607–623.
2. Сапронов А. В. Крицкая О. А. Особенности социальной поляризации российского общества // Социология и социальная работа. Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. № 4 (32). 2013. С. 82–86.

Воздушные суда нового поколения: разработка методик и мероприятий по повышению безопасности полётов

Рухлинский К.А.

Научный руководитель — доцент, Тарасова Н.В.

МАИ, Москва

Статистика показывает, что большинство всех авиационных происшествий произошло при взлете и посадке, очень редко — на эшелоне. Безопасной высотой по международным нормам считается высота 10,7 км.

Для предотвращения большинства ошибок необходимо соблюдать требование РЛЭ и учитывать внешние факторы, влияющие на взлетно-посадочные характеристики самолетов.

Для гражданской авиации наиболее аварийным этапом полета является заход на посадку и сама посадка, это объясняется нестационарностью процессов управления, жесткий лимит

времени у экипажа на принятие решений, отсутствие возможности исправить допущенную ошибку из-за дефицита времени и скоротечностью этапа посадки.

У самолетов с новой аэродинамической компоновкой, несущий фюзеляж эллиптической конструкции, поэтому создается дополнительная воздушная подушка между ВПП и конструкцией самолета, обеспечивая тем самым мягкость посадки.

Риск посадки самолетов на аэродромы России зависит от расчета посадочных дистанций и состояния взлетно посадочных полос

В настоящее время износ искусственных ВПП и светотехнического оборудования доходит до 80%, что не отвечает нормативным требованиям к безопасности полетов на районах аэродромов.

Предлагаемая нетрадиционная схема самолетов семейства М-60 призвана расширить возможности по удовлетворению современных жестких экологических и эксплуатационных требований и обеспечению конкурентных преимуществ для отечественной транспортной авиации, обусловленных наличием существенных признаков и характеристик:

- самолёт с прямым крылом большого удлинения, несущим фюзеляжем овального поперечного сечения и V-образным хвостовым оперением, консоли которого установлены по обеим сторонам от силовой установки, размещенной над хвостовой частью фюзеляжа

- Крейсерская скорость соответствует $m \approx 0,76$
- расширенные возможности базирования на ИВПП и ГВПП
- универсальность (применимость к ВС различной размерности и назначения)
- уменьшение вероятности столкновений самолетов в воздухе из-за использования незагруженных эшелонов свыше 12,3 км.

- повышением безопасности полета, особенно при полете в неспокойном воздухе и в условиях обледенения

- уменьшение расхода топлива и эмиссии CO₂ за счет повышения аэродинамического качества

Безопасность полетов требует координальных изменений в гражданской авиации, внедрения самолетов нового поколения. Следует отметить, что конструкция самолетов нового поколения, высокая оптимизация и аэродинамические качества обеспечивают надежность, комфорт и высокий уровень безопасности ВС

Системы предупреждения самолета при посадке (Brake-to-Vacate и технология Runway Overrun Prevention System) позволяют снизить риски выкатывание ВС при посадке на ВПП и повысить уровень безопасности полетов самолетов нового поколения.

Список используемых источников:

1. Динамика полета транспортных летательных аппаратов: учебник для вузов. Под ред. Жукова А.Я. М.: Транспорт. 2019.

2. Гарбузов В.М., Ермаков А.Л., Ципенко В.Г. и др. Аэродинамические аспекты безопасности полетов. М.: МГТУ ГА. 2020.

3. Доклад «Об итогах работы Федерального агентства воздушного транспорта в 2022 году, основных задачах на 2023 год и среднесрочную перспективу» Министерство транспорта РФ. 10 марта 2023.

4. Состояние безопасности полетов в гражданской авиации государств-участников соглашения о гражданской авиации и об использовании воздушного пространства в 2022 г.

Роль модернизации региональных аэропортов в экономическом развитии регионов

Рысбаева А.С.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Чайка Н.К.

МАИ, Москва

Россия является страной, которая обладает самой большой территорией в мире, и его транспортная инфраструктура играет ключевую роль в развитии экономики. От разветвленности и качества работы транспортной системы зависит размещение

производительных сил и связанность территорий. И чтобы развить российскую транспортную инфраструктуру указом Президента РФ от 30 сентября 2018 года был принят «Комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года». Одним из проектов, включенных в Комплексный план, является «Развитие региональных аэропортов и маршрутов».

Благодаря этому проекту уже модернизированы и введены в эксплуатацию часть аэропортов в регионах и идет реконструкция других объектов аэродрома. Например, за 2019–2022 годы в 11 регионах России завершена модернизация аэродромной инфраструктуры в 19 аэропортах. Завершена реконструкция аэропортов в Нижнекамске, Вологодской области и нескольких аэропортов в Якутии таких как «Якутск», «Черский», «Сангар» и др. Также был построен в Новосибирской области транзитный авиаузел «Толмачево». Таким образом, поставленную Путиным В.В. цель 50% региональных рейсов без посадки в Москве от всех авиамаршрутов по России, достигли уже в 2022 году. Конечно, все это развивает экономику регионов.

Модернизация региональных аэропортов развивает направления грузовых перевозок по стране, что позволяет расширить выбор маршрутов и выбрать наиболее оптимальный. Тем самым сократить сроки доставки и транспортные расходы.

Также это способствует привлечению крупных компаний в регионы, которые создают новые рабочие места. Строится новая инфраструктура, привлекаются инвестиции в регионы.

В нынешней ситуации, когда России объявлены санкции и некоторые границы закрыты, количество поездок за границу уменьшилось, а во внутреннем туризме повышенный спрос и само государство развивает это направление. И региональные аэропорты обеспечивают пассажирские перевозки и помогают развитию туризма внутри страны, что влияет на экономику не только региона, но и России в целом.

Но развитие региональных аэропортов сталкивается с проблемами такими, как климатические и географические условия региона, сложная логистика. Также влияние неблагоприятной погоды на длительность строительства.

Комплексный план разработан на развитие магистральной инфраструктуры до конца 2024 года и планируется к этому году модернизировать 49 аэропортов, 32 ВПП и 20 вспомогательных объектов. Их роль в экономике в экономике регионов большая. Генеральный директор ФКУ «Ространсmodernизация», Игорь Николаевич Гуров сказал, что в 2024 году только в аэропорту «Северный» в Грозном будут созданы более 500 рабочих мест, увеличится пассажиропоток до 1,2 миллиона человек в год, и 15 тысяч рабочих будут созданы с помощью сопутствующих инфраструктур вокруг аэропорта. И это только влияние одного аэропорта, а по всей стране будут еще, которые повысят экономическое развитие регионов.

Таким образом, национальный проект по модернизации аэропортов и маршрутов играет большую роль в экономическом развитии регионов и увеличении темпов экономического роста России, способствуя привлечению инвестиций, созданию новых рабочих мест и инфраструктур, развитию внутреннего туризма.

Список используемых источников:

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 30 сентября 2018 года № 2101-р об утверждении Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года.

2. Информационно-аналитический журнал ассоциации «Аэропорт» ГА стран-участниц СНГ «Партнер аэропорт №1(142) 2024»-с.22-23.

3. Интервью генерального директора ФКУ «Ространсmodernизация» Гурова И.Н. (Газета «Транспорт России») Модернизация аэродромной инфраструктуры — задача стратегическая.

Основные тенденции маркетинговых коммуникаций в условиях ограниченного рынка аэрокосмической отрасли

Савченко Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Землянская Н.Б.

МАИ, Москва

В наше время тема продвижения специализированных товаров на рынке аэрокосмической отрасли достаточно актуальна, потому что этот рынок является ограниченным, функционирующим в B2B сегменте. Ограниченность рынка аэрокосмической отрасли в основном связана с государственным регулированием, законодательными ограничениями, большими инвестиционными вложениями в научные исследования и разработки, а также технологическими барьерами. На нем более интенсивная конкуренция, которая обязывает предприятия использовать различные уникальные маркетинговые стратегии для привлечения и удержания клиентов, а также увеличения своей доли на рынке.

То есть предприятию недостаточно производить товар и постоянно внедрять новые технологии и инновации, также нужно большое внимание уделить именно маркетинговым коммуникациям, формированию положительного имиджа своего бренда и продукции, чтобы потребители целевой аудитории отдавали предпочтение их товару, а не товару конкурента.

В связи с этим большое значение имеют маркетинговые коммуникации с аудиторией, то есть очень важно правильно использовать ключевой элемент комплекса маркетинга 4 P — Promotion.

Основными тенденциями развития продвижения в условиях ограниченного рынка аэрокосмической отрасли в России являются:

1. Индивидуализация продвижения

Предприятия-производители начинают уделять больше внимания уникальности своих маркетинговых кампаний. Это делается для того, чтобы больше соответствовать специфическим потребностям и предпочтениям своих клиентов. Сюда можно включить персонализированные предложения и контент на специальных площадках, который адаптирован под конкретный сегмент аудитории.

2. Использование digital — технологий

Аэрокосмические предприятия все больше используют цифровые технологии для продвижения своих продуктов, такие как специальные digital-проекты на информационных ресурсах российских СМИ. Это позволяет им охватить большую аудиторию и привлечь новых клиентов.

3. Экологичность и социальная ответственность

Предприятия аэрокосмической отрасли уделяют больше внимания вопросам экологии и социальной ответственности, что отражается и в их маркетинговых кампаниях. Они могут использовать экологически чистые материалы, снижать вредное воздействие на окружающую среду и поддерживать социальные проекты.

4. Фокус на инновациях

Продвижение в аэрокосмической отрасли становится все более инновационным, с акцентом на разработку новых технологий и продукции. Компании используют маркетинговые инструменты для демонстрации своих достижений на различных выставках и стендах, тем самым привлекают внимание общественности.

Перспективы развития использования Promotion для привлечения клиентов связаны с описанными выше тенденциями:

1. Использование персонализации предложений может помочь предприятиям-производителям привлечь именно ту аудиторию, которая больше заинтересована в их продукции.

2. Использование цифровых каналов, таких как социальные сети, поисковые системы, специализированные платформы, а также информационные ресурсы СМИ помогут значительно увеличить видимость и доступность продукции для потенциальных клиентов.

3. Внедрение ESG-повестки в стратегию развития предприятия-производителя и его повседневную деятельность продемонстрирует общественности то, что компания заботится о сохранение природы, своих сотрудников, справедливых условиях труда и прозрачности ведения бизнеса.

4. Участие в отраслевых конференциях и выставках как эффективный канал для продвижения продукции, в рамках подобных мероприятий предприятие-производитель обнаружит свои новые разработки и достижения, рассказывает о себе в целом, создавая положительный имидж компании, привлекает внимание посетителей и потенциальных клиентов к своим экспозициям. Также, благодаря участию в мероприятиях компания получает и собирает сведения о конкурирующих производствах, занимается поиском полезных партнерских контактов и потенциальных клиентов, чтобы впоследствии подвести итоги маркетинговой кампании и принимать решения о внедрении новых инструментов для продвижения.

Для компаний, функционирующих на ограниченном рынке аэрокосмической отрасли, маркетинговые коммуникации играют ключевую роль в привлечении новых клиентов, поддержании существующих отношений с действующими клиентами и партнерами, а также продвижении своей продукции на российском рынке.

Учитывая специфику аэрокосмической отрасли, компании должны разрабатывать уникальные коммуникационные стратегии, учитывающие технические, научные и экономические аспекты, чтобы успешно конкурировать с другими игроками на рынке и увеличивать свою прибыль.

Список используемых источников:

1. Ромат Е. Сендеров Д. Маркетинговые коммуникации. СПб.: Питер, 2018. 496 с.
2. Особенности бизнеса b2b. Альберт Талипов, 2016, 35 с.

Влияние методов проектного управления на реализацию автоматизированной web-платформы сбора анонимной обратной связи

Сайдалиева Д.Р., Варыгин Р.А., Коровичев А.А.

Научный руководитель — Сокольский А.М.

МАИ, Москва

Методология управления проектами — это единая система управления, позволяющая отслеживать выполнение проектов в срок и без ошибок, включающая в себя целый комплекс инструментов: планировщики задач, календари, таск-менеджеры, командные доски. Набор этих инструментов зависит от выбранной методологии УП под конкретный продукт/проект или команду.

В сфере информационных технологий чаще всего применяются такие методологии управления проектами как, Waterfall, Agile, SCRUM, Kanban [1]. При реализации платформы для сбора анонимной обратной связи, использовалась методология управления Kanban [2]. Внедрение подобной системы включило в себя, регулярную синхронизацию по задачам в формате еженедельных звонков и ежедневной синхронизации в письменном формате с командой. А также, создание Kanban-доски, которая позволила распределить зоны ответственности участников процесса, декомпозировать задачи и распределить нагрузку на команду разработки — дизайнера интерфейсов, backend и frontend разработчиков.

Проанализировав план процесса работ и паспорт проекта, доска была разбита на столбцы, каждый из которых отражает определенный этап работы над проектом. Этапы для разработки web-платформы выглядят следующим образом: проектирование базы данных, backend, frontend, дизайн, тестирование, анализ результатов, внедрение системы, поддержка платформы на этапе использования, отладка и дальнейшая модернизация. Каждый этап разбит на задачи, за которыми закреплен ответственный исполнитель, приоритет выполнения (низкий, средний, высокий), сроки и при необходимости ссылка на документацию, нужную для выполнения задачи.

Визуализация процессов в формате Kanban-доски выполнена в виде онлайн-таблицы, которая позволяет отслеживать статусы (в процессе, выполнено, не выполнено, есть вопрос) и автоматизировать подсчет количества уже выполненных задач и заданий, которые только предстоит выполнить. Подобное распределение задач позволяет каждому члену команды видеть, на каком этапе находится та или иная задача в режиме реального времени и следить за сроками выполнения поставленных задач.

Использование методов проектного управления, в частности методологии Kanban, помогло в указанные сроки и в максимальном соответствии с техническим заданием, реализовать автоматизированную платформу сбора анонимной обратной связи об обучении студентов Московского авиационного института. На данный момент, платформа находится на этапе тестирования, а в июне 2024 года планируется ее запуск для массового использования в рамках кафедры 307 «Цифровые технологии и информационные системы».

Список используемых источников:

1. Методология управления проектами: ключевые для IT- и Digital-проектов — URL: <https://netology.ru/blog/08-2023-project-management-methodologies> (дата обращения: 28.02.2024)

2. Методология Kanban: доски, принципы и возможности управления — URL: https://skillbox.ru/media/management/vse_chto_nuzhno_znat_o_kanban/ (дата обращения: 28.02.2024)

Роль системы мотивации труда работников в разработке стратегии развития предприятия

Салихова А.Ф.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Комарова Н.В.

МАИ, Москва

В условиях постоянно меняющегося рынка стратегия развития предприятия позволяет определить основные направления работы, выделить конкурентные преимущества и достичь устойчивого успеха.

Система мотивации труда направлена на стимулирование сотрудников к достижению поставленных целей и обеспечению эффективности их работы. Это инструмент, способствующий повышению результативности деятельности коллектива, поэтому необходимо уделять ему должное внимание и ресурсы, чтобы обеспечить успешное достижение стратегических целей. Материальное вознаграждение включает в себя премии, бонусы или повышение зарплаты в зависимости от достигнутых результатов. Нематериальное вознаграждение представлено, например, возможностью повышения профессионального статуса, участием в проектах высокого уровня или обучением и развитием.

Общая стратегия направлена на выполнение миссии предприятия, т. е. на то, что в условиях турбулентной внешней среды остаться в рамках своей деловой активности. Далее определяются основные цели и стратегические мероприятия по их достижению, это происходит в рамках деловых и функциональных стратегий. Одна из важных функциональных стратегий является стратегия управления персоналом, субстратегиями которой выступают формирование, развитие, оптимальное использование и мотивация персонала

Анализ действующей системы мотивации, проведенный на одном из высокотехнологичных предприятий, показал ключевые недостатки, с которыми сталкивается предприятие и как следствие противодействует успешному построению стратегии развития. Среди них:

1. Отсутствие системы оценки личного вклада работника.

2. Отсутствие корреляции между уровнем личной трудовой активности сотрудника и размером премиальной части.

4. Не проводится измерение уровня положительной индивидуальной мотивации сотрудников.

5. Не учитываются индивидуальность сотрудников и их нематериальные потребности
6. Сотрудники предпочитают гибкий режим работы на предприятии.
7. Непонимание основных стратегических намерений предприятие, в следствие чего отсутствует чувство принадлежности работников к предприятию.
8. Отсутствует система адаптации новичков на предприятии.

Для решения данных проблем автором предлагаются следующие стратегические мероприятия:

1. Внедрение системы для материального стимулирования сотрудников.
2. Внедрение современных персонал-технологий по оптимальной адаптации персонала, таких как Secondment, E-learning, скаффолдинг, коучинг
3. Совершенствование системы не материального стимулирования.
4. Внедрение системы нематериального стимулирования труда.
5. Автоматизация и цифровизация управления персоналом с использованием сервисы и приложения HR Digital

Список используемых источников:

1. Бонйани, А.Д. Влияние мотивации сотрудников на эффективность работы организации на примере компании NOSA / А.Д. Бонйани. — DOI 10.26425/2309-3633-2021-9-4-88-99 // Управление. — 2021. — Т. 9, вып. 4. — URL: <https://upravlenie.guu.ru/jour/article/view/459/316>
2. Вострикова, Л.А. Анализ вознаграждения персонала организации на основе ключевых показателей эффективности / Л.А. Вострикова, И.В. Панина. DOI 10.17308/meps.2021.8/2661 // Современная экономика: проблемы и решения. — 2021. — Т. 8. — С. 141–150.
3. Окнянская, А.А. Роль мотивации в системе управления персоналом в современных условиях / А.А. Окнянская // Форум. — 2021. — № 2. — С. 156–163.
4. Василенко, О.А. Трудовая мотивация персонала как фактор повышения финансовых показателей коммерческого предприятия / О.А. Василенко. — DOI 10.26794/2587-5671-2019-23-3-64-81 // Финансы: теория и практика. — 2019. — Т. 23, вып. 3. — С. 64–81.

Состояние мирового рынка робототехники

Сафиуллин И.И.

Научный руководитель — к.т.н. Гарипова Л.И.

КНИТУ-КАИ, Казань

Робот — механизм, способный выполнять различные действия по заданной программе. Роботы могут быть оборудованы сенсорами для восприятия окружающей среды, механизмами для выполнения задач и системами управления для координации и контроля их действий. В настоящее время роботов классифицируют на три подгруппы: промышленный, медицинский и сервисный.

Целью данной работы является выявление основных тенденций и перспектив развития мирового рынка робототехники, а также анализирование влияния технологических инноваций и глобальных трендов на будущее робототехники.

Современный рынок робототехники можно характеризовать как активно растущий, что подтверждается различными исследованиями. Основываясь на данных, представленных в работах [1,2], можно сделать вывод, что среднегодовой рост продаж роботов составляет порядка 10-15%. Существующие прогнозы [3] свидетельствуют о том, что объемы мирового рынка робототехники в ближайшие годы будут только увеличиваться с сохранением темпа роста.

Основная доля мирового рынка робототехники приходится на страны Азии [2, 4]. Лидером по внедрению робототехники в производство, безусловно, является Китай. А также к ведущим производителям роботов можно отнести Японию, на долю которой приходится 46% от мирового производства роботов.

Развитие робототехники приводит к сокращению потребной низкоквалифицированной рабочей силе, что существенно сокращает расходы и открывает возможности для высококвалифицированного, интеллектуального и творческого труда. Так, например, переход на роботизированный труд на складе Alibaba привел к сокращению рабочей силы на 70%.

Аналогичные процессы наблюдаются не только в фирмах-гигантах, но и на бытовом уровне. За последние 5 лет объем роботов, предназначенных для решения домашних задач увеличился в 3.7 раза. Тенденция характеризуется ежегодным ростом порядка на 25%. Наиболее распространенными являются роботы-пылесосы и роботы, предназначенные для мытья полов. В целом можно отметить, что активно развивается рынок сервисных роботов. К сервисным роботам можно отнести такое направление, как доставка товаров или грузов, осуществляемое беспилотными транспортными средствами.

На сегодняшний день, активно развивается обучение роботов для захвата манипуляторами с использованием искусственного интеллекта. Например, исследование, проведенное компанией Autolab на проекте Dexterity Network (Dex-Net), демонстрирует, что использование искусственного интеллекта позволяет роботам освоить навык захвата объектов различной формы и размера. Это достигается путем загрузки большого объема трехмерных моделей объектов, изображений и их измерений для обучения нейронной сети. При использовании синтетических точечных облаков вместо реальных объектов для обучения нейронной сети, возможно обучить робота распознавать и успешно захватывать объекты. Последние достижения в рамках проекта Dex-Net в этой области значительно повышают эффективность и достигают точности захвата на уровне 99%. К тому же, специалисты компании Embodied Intelligence используют возможности искусственного интеллекта, чтобы помочь промышленным роботам приобретать в процессе обучения новые, все более сложные навыки.

Таким образом, робототехника характеризуется активно растущим рынком. Причем рост происходит как по количеству потребных единиц робототехники, так и по ассортименту и видам решаемых задач.

Список используемых источников:

1. Industrial robots — top findings // World Robotics 2022 URL: https://ifr.org/downloads/press2018/2022_WR_extended_version.pdf (дата обращения: 5.02.2024).
2. Asia, Europe and the Americas — overview // World Robotics 2023 Report: Asia ahead of Europe and the Americas URL: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/world-robotics-2023-report-asia-ahead-of-europe-and-the-americas> (дата обращения: 7.02.2024).
3. Advanced capabilities, new opportunities // Gaining Robotics Advantage URL: <https://www.bcg.com/publications/2017/strategy-technology-digital-gaining-robotics-advantage> (дата обращения: 2.02.2024).
4. Анализ рынка робототехники // Индустрия робототехники — Анализ размера и доли — Тенденции роста и прогнозы URL: <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/robotics-market> (дата обращения: 12.02.2024).

Маркетинг инноваций в космической отрасли: методы и инструменты для достижения успеха

Сумеркин М.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Казакова Н.В.

МАИ, Москва

Космическая отрасль — это огромный рынок, который играет важную роль как в российской, так и в мировой экономике. Ракетно-космическая промышленность относится к одной из наиболее наукоемких и инновационных, поэтому предприятиям космической отрасли необходимо поддерживать высокую эффективность и соответствие требованиям современного информационного общества.

Актуальный выбор конкретных маркетинговых методов и инструментов, их эффективное сочетание также связано с тем, что для выполнения конкретных проектов и заказов необходима сформированная научно-технологическая, производственная база. Этот факт будет являться основанием для будущей конкурентоспособности на международном рынке и требовать от руководства предприятий космической отрасли организации развития в

структуре предприятия обеспечивающих видов деятельности, например, маркетинга инноваций.

Маркетинговое обеспечение в космической отрасли сопровождается следующие направления:

- Исследования и разработки;
- Производство и продвижение космических аппаратов;
- Создание космической инфраструктуры;
- Освоение космоса;
- Налаживание международного сотрудничества;
- Обслуживание космических аппаратов;
- Обеспечение безопасности;
- Проведение экспериментов.

Инструменты маркетинга инноваций на предприятиях космической отрасли представляют собой использование комплекса маркетинговых технологий на всех этапах жизненного цикла продукта, начиная с его выведения на рынок и заканчивая выходом с рынка с целью получения долгосрочных преимуществ.

Разработка новых методов исследования, сегментация рынка, формирование инноваций в ассортименте и ценообразовании, новые способы позиционирования продуктов, проектирование конфигураций кривых жизненного цикла товаров — это те инструменты маркетинговых инноваций, без которых не могут обойтись предприятия космической отрасли если они претендуют на лидерство в отрасли. Всё перечисленное является в деятельности предприятий важнейшим направлением инновационного развития и создает благоприятный имидж, что облегчает задачу достижения конкурентных преимуществ в перспективе.

В инновационном процессе, от проектирования нового продукта до его реализации, маркетинг инноваций на предприятиях космической отрасли опирается на современный маркетинг, минимизируя риск для инвесторов. Кроме этого, для структурирования процессов маркетингового управления в инновационном процессе выделяются такие этапы как: предварительный, поисковый, разработка маркетинговой стратегии и маркетинг-микса.

В ходе осуществления маркетинговых инструментов для инноваций, таких как интегрированный маркетинг и позиционирование на рынке, возникают различные задачи. Эти задачи включают исследование рынка, анализ и оценку количественных показателей, прогнозирование развития рынка, а также выбор эффективных стратегий для диффузии и коммерциализации конечного продукта инновационной деятельности. Все эти задачи требуют вовлечения всех участников высокотехнологичной отрасли, такой как освоение космоса.

Список используемых источников:

1. Карасев, А.П. Управление маркетингом: учебное пособие / А.П. Карасев. — Ярославль: ООО «ПКФ «СОЮЗ-ПРЕСС», 2021. — 148 с.
2. Ракицкая К.В., Вечкинзова Е.А., Стеблякова Л.П. Сравнительный анализ использования методов продвижения космических исследований Роскосмоса и NASA: маркетинговый аспект // Экономика, предпринимательство и право. — 2023. — Том 13. — № 8. — С. 2783–2806.
3. Управление маркетингом на предприятии: учеб. пособие / Г. А. Савчук, Ю. В. Мокерова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. — 112 с.

Управление производством в условиях конкуренции

Тихонов Г.Г.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Мезина Н.А.

МАИ, Москва

В сегодняшних условиях, в связи с современными процессами в экономическом пространстве и колебаниями рынка, есть необходимость совершенствования приемов управления производством в условиях конкуренции. Так наряду с изменениями в экономике страны, предприятия также подверглись определенным реформам и потребовались новые требования к качеству и количественному изменению в производстве. Предприятия не сразу

адаптируются к возникающим конкурентным условиям [1]. Сейчас, на рынке недостаточно продукции, что можно наблюдать в неспособности предприятий конкурировать на рынке. И это все из-за недостаточных систем управления промышленными предприятиями. Требуется модернизация систем рыночного управления и предприятий, что развивает способность предприятий адаптироваться к рыночным условиям [2].

Модернизации процесса управления конкурентными возможностями компаний способствует система маркетинга, которая устанавливает влияние и обеспечивает рыночную среду на эффективность предприятия в рыночных условиях. Анализируя ситуацию на основе сравнения конкурентных сторон рыночных отношений, можно определить метод эффективного, финансово выгодного вливания в рыночных условиях [3].

Для достижения всего этого компания должна осуществлять диагностику и мониторинг степени влияния на действия предприятия в нестабильных внешних условий, и деятельности конкурентной способности предприятия.

Таким образом, эффективное функционирование предприятия определяется диагностикой конкурентоспособности и развитием механизмов его управления, что способствует формированию у компании навыков эффективно реагировать на изменяющиеся рыночные условия, улучшать положительные черты проводимой деятельности, выявлять и устранять существующие ошибки, улучшать результаты и приобрести стабильное положение на рынке.

Список используемых источников:

1. Аникин А.В. Василий Леонтьев, или экономика на шахматной доске//природа. — М., 2000, №7. С. 41–57.
2. Кузнецов Л.В. Пути продвижения российских инновационных технологий на зарубежный рынок// Вестник Самарского муниципального института управления. 2014., №2 (29), С.49-55.
3. Сайт инновационного центра «Сколково» [электронный ресурс]. URL: <http://www.sk.ru>.

Введение в специальность

Ушаков А.В., Фридман В.Д.

Научный руководитель — к.т.н. Гордеева М.И.

МАИ, Москва

Образовательный процесс во многих университетах унифицирован. Первые два курса являются общеобразовательными, где есть предмет введение в специальность, но он не даёт полного понимания будущей профессии. В связи с этим был разработан план и предложен в качестве пилотного проекта развития наставничества над первокурсниками нашей кафедры данный проект.

В целях развития понимания о том, что такое авиационная отрасль несколько инициативных студентов моей группы узнали сами, а потом и рассказали первокурсникам о том, где именно в МАИ можно ознакомиться не только с достижениями советского авиапрома, но и с разработками студентов и сотрудников Московского авиационного института. Был проведен ряд экскурсий по подразделениям МАИ, в том числе в авиационный ангар 101 кафедры.

Отдельно стоит отметить посещения музея МАИ и знакомство с более чем девяностолетней историей университета, там студенты узнали, как «родился» МАИ, какое у него было название в самые первые годы, а также куда были эвакуированы сотрудники университета во время ВОВ.

В настоящее время мы ищем выпускников нашей кафедры, работающих по специальности в высокотехнологичных отраслях промышленности. Это потребуется для организации ряда неформальных встреч, где выпускники могли бы «на пальцах» объяснить тонкости и смысл будущей профессии. Во время проведения этой работы мы также познакомились со структурой университета и узнали какие именно подразделения МАИ занимаются схожими тематиками.

Считаем, что ряд таких шагов, предпринятых студентами самостоятельно для повышения своей образованности, и трансляция этих знаний младшекурсникам даст очень хорошие результаты. Повысится не только понимание своей будущей профессии, но и разовьется система наставничества и преемственности поколений на кафедре.

Импортозамещение в России

Французова Д.Е.

Научный руководитель — Ласточкина В.В.

МАИ, Москва

На сегодняшний день импортозамещение играет важную роль в экономике страны, дает шанс отечественным производителям выходить на рынок, создавать современные производства, выпускать товары, которые могут конкурировать с иностранными компаниями и вытеснять их.

Кроме того, огромную роль играет цифровизация и внедрение инновационных технологий в продвижение импортозамещения. Цифровизация — это переход информации в цифровую форму, которая в большей степени приводит к снижению издержек и повышению уровня жизни. Кроме того, создаются дополнительные возможности для роста и развития бизнеса в условиях импортозамещения.

Этот вопрос стоит на повестке дня в нашей стране. Однако, у импортозамещения есть как преимущества, так и недостатки.

На мой взгляд, можно выделить следующие преимущества:

1. При открытии новых предприятий для производства отечественных товаров, появятся новые рабочие места, которые способствуют снижению уровня безработицы и повышению уровня жизни населения.

2. При формировании собственного производства, необходимость платить за таможенные пошлины отпадает и появляется возможность вкладывать эти средства в производство, что в дальнейшем приведет к развитию экономики.

Обозначим следующие недостатки:

1. Развитие отечественного производства требует немало инвестиций и времени, из-за которого может быть замедленный рост в экономике.

2. Некоторые товары или услуги дешевле приобретать у иностранных конкурентов, чем производить или предоставлять услуги, это может привести к неразумному производству.

Правительство Российской Федерации с 2015 года осуществляет комплексный план мероприятий, который направлен на поддержку отечественных производителей. Приведу пример компании, которая выполняет государственные задачи по импортозамещению в промышленности.

Компания «РОТЕК», учрежденная в 2010 году, на данный момент является ведущим производителем сотовых уплотнений в России, и соответственно во всей в континентальной Европе. Так, Российская Федерация была вынуждена производить закупки данных компонентов за рубежом, до тех пор пока компания «РОТЕК» не создала сотовые уплотнения и не запатентовала их в 2021 году. Патент №2745839 подтверждает исключительное право за компанией на выпуск данных компонентов, которые необходимы авиационным и наземным двигателям. Однако, благодаря компании «РОТЕК» ситуация изменилась, и теперь можно быть независимыми от импорта и обеспечивать себя отечественными компонентами.

В заключение хотелось бы отметить, что импортозамещение направлено на снижение зависимости от других стран предоставляемых технологий и услуг. Поддержка государства способствует повышению количества отечественных производителей, что в дальнейшем приведет к увеличению количества продукции на рынке внутри страны. Компания «РОТЕК» с успехом осуществляет стратегию импортозамещения в области производства сотовых уплотнений, а именно обеспечивает отечественных производителей авиадвигателей и энергетических турбин обладающие высококачественными компонентами, которые раньше приобретались за рубежом, и на сегодняшний день являются единственным производителем сотовых уплотнений на Российском рынке.

Список используемых источников:

1. Ласточкина В.В., Новиков С.В., Солодова А.Д. Импортзамещение в цифровизации // Физический журнал: Серия конференций. — 2020 — №3 — Том 1515
2. Халин В.Г., Чернова Г.В. Цифровизация и ее влияние на российскую экономику и общество: преимущества, вызовы, угрозы и риски. Управленческое консультирование. 2018;(10):46-63.
3. URL: <https://zaortec.ru/content/rotek-podtverdil-status-edinstvennogo-proizvoditelya-svamykh-sotovykh-uplotneniy-v-rossii/>

Финансовые механизмы и инвестиционная привлекательность в аэрокосмической сфере: анализ и перспективы

Хлебников Л.Б.

Научный руководитель — Чайка Н.К.

МАИ, Москва

Финансовые механизмы в аэрокосмической отрасли представляют собой сложную и многоуровневую систему инструментов, которая охватывает широкий спектр финансовых операций, инвестиций, кредитования, государственной поддержки и других механизмов, направленных на обеспечение развития и процветания компаний в этом ключевом секторе экономики. Аэрокосмическая отрасль, с ее высокими технологическими требованиями, инновационными проектами и стратегическим значением для мировой экономики, требует особого подхода к финансированию и поддержке.

Государственная поддержка играет одну из важнейших ролей в развитии аэрокосмической отрасли. Правительства различных стран могут выделять значительные средства на исследования, разработку новых технологий, обучение специалистов, создание инфраструктуры и другие программы, направленные на стимулирование инноваций и повышение конкурентоспособности компаний. Государственные гранты на исследования и разработки позволяют компаниям финансировать дорогостоящие проекты, которые могут привести к созданию передовых технологий и улучшению продукции.

Кроме того, программы налоговых льгот для компаний в аэрокосмической отрасли способствуют увеличению инвестиций в этот сектор, повышают финансовую устойчивость предприятий и стимулируют развитие инноваций. Частные инвестиции также играют значительную роль в финансировании аэрокосмических проектов. Инвесторы могут вкладывать средства в компании, занимающиеся созданием космических аппаратов, спутников, ракет и другой техники, что позволяет им расширять бизнес, разрабатывать новые продукты и увеличивать свою долю на рынке.

Кредиты и государственные программы стимулирования также имеют важное значение для обеспечения доступности финансовых ресурсов для компаний в аэрокосмической отрасли. Предоставление кредитов позволяет компаниям финансировать крупные проекты без необходимости привлечения большого числа инвесторов, что способствует ускорению процесса развития отрасли и реализации инновационных идей.

Инвестиционная привлекательность аэрокосмической отрасли определяется не только финансовыми механизмами, но и другими факторами. Высокие технологические барьеры создают препятствия для новых игроков на рынке, что обеспечивает стабильность и высокую рентабельность для существующих компаний. Стабильный спрос на услуги и продукцию в аэрокосмической отрасли делает её привлекательной для инвесторов, поскольку долгосрочный спрос обеспечивает стабильные доходы и перспективы роста.

Потенциал для инноваций является еще одним ключевым фактором, делающим аэрокосмическую отрасль привлекательной для инвесторов. Быстрые темпы технологического развития в этой отрасли создают огромные возможности для создания новых продуктов и услуг, что может привести к значительным прибылям для компаний, способных оперативно реагировать на изменения на рынке.

Глобальный характер деятельности аэрокосмической отрасли также играет важную роль в её привлекательности для инвесторов. Возможность работать на мировом рынке и участвовать в международных проектах позволяет компаниям в этом секторе расширять свои возможности, устанавливать партнерские отношения с зарубежными компаниями и получать доступ к новым клиентам.

Вывод:

Таким образом, финансовые механизмы в аэрокосмической отрасли представляют собой сложную и многоаспектную систему инструментов, которые способствуют развитию компаний, стимулируют инновации и обеспечивают конкурентоспособность отрасли на мировом рынке. Государственная поддержка, частные инвестиции, кредиты и другие финансовые механизмы создают благоприятную среду для роста аэрокосмической отрасли и способствуют её долгосрочной устойчивости.

Список используемых источников:

1. Технологическая платформа «Авиационная мобильность и авиационные технологии»: Государственное финансирование авиационной отрасли <https://aviatp.ru/statefunding>
2. Евразийский экономический журнал: Механизм финансирования проектной деятельности предприятия аэрокосмической отрасли с использованием внешнеэкономического лизинга Автор: Питулько С.Ю. <https://journalpro.ru/articles/mekhanizm-finansirovaniya-proektnoy-deyatelnosti-predpriyatiya-aerokosmicheskoy-otrasli-s-ispolzovan/>
3. Статья: Организационно-экономические механизмы инновационного развития ракетно-космической отрасли Европейского Союза: в поисках релевантного опыта для России Автор: Камолов С.Г.

Стратегическое развитие производственной системы высокотехнологичного предприятия

Черницын А.Е.

Научный руководитель — доцент, д.э.н. Захарова Л.Ф.

МАИ, Москва

Для поддержания конкурентоспособности на рынке современным машиностроительным предприятиям необходимо постоянно заниматься совершенствованием стратегического видения перспектив рынка продукции и технологий, разрабатывать обоснованные стратегические планы по развитию своих производственных систем, заниматься непрерывным обновлением материально — технической производственной базы, а также инновационным развитием систем управления.

Объектом исследования в данной работе является АО «ММП имени В.В. Чернышева» — одно из ведущих предприятий российского оборонно-промышленного комплекса. В качестве предмета исследования выступают процессы межцехового оперативно — производственного планирования основного производства.

Оперативно — производственное планирование (ОПП) обеспечивает плановую согласованную работу всех звеньев производства в целях равномерного и ритмичного выполнения производственной программы выпуска продукции в установленные сроки, в нужном объеме и номенклатуре при наиболее полном использовании производственных ресурсов.

Поскольку оперативный план является самым низовым уровнем в пространственной и временной иерархии планирования производственной системы, от эффективности его разработки и реализации зависит в конечном счете успех реализации стратегических планов предприятия. От того, насколько гибко система оперативного планирования и управления производством отзывается на изменения внешней и внутренней среды предприятия, зависит его дальнейшее благополучие и развитие.

Анализ, проведенный российской консалтинговой группой «Консист Бизнес Групп», показывает, что из — за низкого качества оперативно-производственного планирования не

выполняются в срок до 50% заказов предприятий; средняя загрузка оборудования предприятий меньше 60%; производственный план и плановый отдел часто не имеют подходящего им статуса.

Система ОПП состоит из следующих этапов: объемное, календарное, сменно — суточное планирование. При этом одной из самых сложных задач является оперативно — календарное планирование (ОКП), включающее разработку сквозных межцеховых календарных графиков производства и комплектования продукции, а также заданий на поставку материально — технических ресурсов.

Сложности этого этапа объективно связаны с особенностями машиностроительных предприятий, такими, как:

- Сложность и широкая номенклатура выпускаемой продукции;
- Частая сменяемость номенклатуры;
- Особые требования к качеству продукции.

Всё это определяет жесткие ограничения на использование традиционных методов планирования производства.

В современных рыночных условиях оперативно — производственное планирование играет очень важную роль в жизни машиностроительного предприятия. Оно направлено на достижение намеченных показателей деятельности предприятия, на прогнозирование возможных отклонений от фактического хода производства, от сформированных оперативных планов-графиков. Совершенствование оперативно — календарного планирования является одной из актуальнейших проблем, которой уделяют особое внимание на всех машиностроительных предприятиях.

Большое значение имеет использование современных информационных технологий на всех стадиях планирования производства продукции, которые определяют оптимальный план выпуска с меньшими потерями ресурсов и упрощают работу всего предприятия.

Целью данной работы является совершенствование системы оперативно-календарного планирования (ОКП) цехов основного производства.

Задачами работы являются:

• Анализ существующей практики формирования оперативно-календарных планов цехам основного производства.

• Выявление направлений совершенствования действующей автоматизированной системы оперативно-календарного планирования (АСОКП) цехов основного производства.

• Организация разработки новой формы отчетности выполнения ОКП цехами основного производства с учетом предлагаемых усовершенствований.

• Реструктуризация структуры Производственно — планового управления предприятия. В качестве методов исследования использовались метод интервьюирования, методы стратегического анализа и научного синтеза предлагаемых решений.

В рамках проведенного исследования были выявлены следующие основные проблемы предприятия в системе ОКП:

• Большой бумажный документооборот;

• Значительное количество управленческой информации представляется в форме разобщенных документов;

• Отсутствует система научно — обоснованного календарно — планового нормирования.

Работа носит прикладной характер, в ней изложены выводы и практические рекомендации для совершенствования производственной системы предприятия.

Список используемых источников:

1. Азнабаева Г. Х. Основные направления совершенствования управления производством //научная статья [Электронный ресурс]. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-napravleniya-sovershenstvovaniya-upravleniya-proizvodstvom>. Режим доступа: свободный (дата обращения: 25.04.2023).

2. Оперативно-календарное планирование. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.zspps.ru/index-php/mes-tesaurus/205-production-scheduling.html>. Режим доступа: свободный (дата обращения: 15.02.2024).

3. Обзор ERP системы: BAAN [Электронный ресурс]. URL: <http://iteranet.ru/> Режим доступа: свободный (дата обращения: 29.01.2024).

Модель оценки риска инновационного проекта индустриального предприятия

Шакин А.Д.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Москвичёва Н.В.

МАИ, Москва

Инновационные проекты играют ключевую роль в развитии современных промышленных предприятий, позволяя им оставаться конкурентоспособными на рынке и удерживать свои позиции. Однако такие проекты сопряжены с рисками, которые могут негативно повлиять на их успешное выполнение. Поэтому разработка модели оценки риска инновационного проекта становится важной задачей для системы управления проектами предприятия.

Первоначально необходимо идентифицировать основные виды рисков инновационных проектов промышленных предприятий. К ним традиционно относятся риски экономические, кадровые, технологические, финансовые, геополитические, информационные т.д. При этом паспорт рисков отдельного проекта не универсален, требует особого подхода к его формированию.

Паспорт рисков инновационного проекта описывает не только конкретный вид риска, но и факторы, определяющие вероятность его реализации. Например, к факторам экономического риска можно отнести вероятность повышения цен на поставки, срыв сроков поставок, отсутствие коммерциализации результатов инновационных разработок. К технологическим — физическое или моральное устаревание инновационных разработок, невозможность получить доступ к новым технологиям на развитых рынках и т.п.

В исследовании проводится анализ существующих моделей оценки рисков, выявляются преимущества и недостатки с точки зрения их применимости к оценке рисков инновационного проекта промышленного предприятия.

Научным результатом исследования является модель оценки риска инновационного проекта, выявляющая степень его уязвимости к проявлению внешних и внутренних угроз на всех этапах жизненного цикла. Применение модели оценки риска инновационного проекта на практике позволит принять обоснованные решения о запуске проекта, о мероприятиях по управлению рисками, получившими высокую оценку, о внесении возможных изменений в график проекта, список его исполнителей, контрагентов и т.д.

Таким образом, разработка модели оценки риска инновационного проекта представляется актуальной задачей, которая может быть решена различными способами, в том числе, с применением модели, предлагаемой автором исследования.

Список используемых источников:

1. <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-otsenki-riskov-innovatsionnyh-proektov-na-promyshlennyh-predpriyatiyah>
2. <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-riskov-innovatsionnogo-proekta-osnovannaya-na-sinteze-metodov-nechetkih-mnozhestv-i-analiza-ierarhiy>
3. <https://vestnikmai.ru/download.php?ID=72496>

Обоснованные экономические показатели и нормативы при согласовании цен на продукцию по государственному оборонному заказу

Шамова Д.Ю., Некрасова П.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Чайка Н.К.

МАИ, Москва

В период исполнения государственного контракта в целях определения размера и состава затрат, включаемых в себестоимость продукции, и цены продукции посчитать фактические затраты непросто. В связи с этим при расчете ориентировочной цены используются обоснованные экономические показатели и нормативы (ОЭПиН), применяемые и при переводе цены в фиксированную при условии, что это предусмотрено в государственном контракте.

ОЭПиН должны быть документально подтверждены и экономически обоснованы, после чего возможно их дальнейшее применение для отнесения отдельных статей затрат на себестоимость продукции. Данные показатели рассчитываются применительно к каждому календарному году и согласуются с аккредитованным военным представительством. При расчете учитываются фактически достигнутые показатели предприятия за отчетный период и расчетные значения планового периода. Данные показатели закрепляются в форме №22.

При этом, если среди продукции предприятия, поставляемой по гособоронзаказу, есть как научно-техническая, так и иная продукция, то обоснованные экономические показатели и нормативы формируются отдельно для этих двух видов продукции.

В рамках расчета суммы затрат по статье материальных расходов используются такие показатели, как номенклатура сырья, материалов, иных материальных ресурсов, нормы их расхода и цена единицы ресурса.

При формировании размера затрат по оплате труда формируются следующие показатели: трудоемкость изготовления продукции, стоимость единицы труда (нормо-час, чел/час, чел/день, чел/мес.). При этом различают норматив основной заработной платы и норматив дополнительной заработной платы.

Существует также норматив страховых взносов, который рассчитывается с учетом ежегодно утверждаемой Правительством РФ единой предельной величины базы для исчисления взносов. Так, на 2024г. данная величина установлена в размере 2 225 000 рублей нарастающим итогом в отношении каждого физического лиц.

Нормативы общепроизводственных, общехозяйственных, транспортно-заготовительных расходов, специальных затрат и (или) затрат на подготовку и освоение производства должны быть отдельно обоснованы головным исполнителем (исполнителем).

Кроме того, законодательством регламентирован размер показателя рентабельности по гособоронзаказу: не более 1% от плановых привнесенных затрат и не более 25% от собственных затрат.

Наличие обоснованных экономических показателей и нормативов упрощает процесс обоснования цены продукции, поставляемой в рамках государственного оборонного заказа, и обеспечивает формирование бюджетов и системы планирования.

Список используемых источников:

1. Постановление Правительства РФ от 16 марта 2021 г. N 390 «О внесении изменений в Положение о государственном регулировании цен на продукцию, поставляемую по государственному оборонному заказу»

2. Постановление Правительства РФ от 2 декабря 2017 г. N 1465 «О государственном регулировании цен на продукцию, поставляемую по государственному оборонному заказу, а также о внесении изменений и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации»

3. Постановление Правительства РФ от 10 ноября 2023г. № 1883 «О единой предельной величине базы для исчисления страховых взносов с 1 января 2024 г.»

Основные направления развития персонала высокотехнологичных предприятий в условиях цифровой трансформации

Яблокова В.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Мезина Н.А.

МАИ, Москва

Цифровая трансформация, сегодня активно входит практически во все сферы нашей жизни, это касается как бизнеса, так и общества в целом.

Развитие персонала высокотехнологичных предприятий в условиях цифровой трансформации в наше время играет особенно важную роль. Современные технологии и цифровые инновации требуют от сотрудников новых навыков и знаний. В этой связи, работа с персоналом высокотехнологичных предприятий должна быть организовано таким образом,

чтобы сотрудники были готовы к современным вызовам и могли успешно адаптироваться к новой цифровой среде.

С этой целью, следует вести работу в следующих направлениях:

1. Обучение и повышение квалификации: Организация систематического обучения сотрудников по цифровым технологиям, процессам и инструментам, которые используются на предприятии. Это может включать в себя проведение тренингов, курсов, мастер-классов и других форм обучения.

2. Адаптация к новым технологиям: Помощь сотрудникам в освоении новых цифровых инструментов и программного обеспечения, которые используются на предприятии для улучшения производственных процессов и повышения эффективности работы.

3. Развитие soft skills: Не менее важным является развитие soft skills у сотрудников, таких как коммуникация, управление временем, решение проблем и другие навыки, необходимые для успешного взаимодействия в коллективе и с клиентами.

4. Менторинг и коучинг: Организация программ менторинга и коучинга для сотрудников, чтобы помочь им развивать лидерские качества, повышать мотивацию и успешно адаптироваться к изменениям.

Не мало важно значение цифровая информация вносит в производство на высокотехнологичных предприятиях. Благодаря ей происходит автоматизация производственных процессов с помощью роботов, автономных систем и машинного обучения, что позволяет увеличить производительность и снизить затраты на рабочую силу. Также использование интернета вещей (IoT) для мониторинга и управления производственным оборудованием, что позволяет предотвращать сбои и улучшать производственные процессы.

Таким образом, цифровая трансформация способствует развитию не только персонала на высокотехнологичных предприятия, но и производства, делая его более гибким, эффективным и конкурентоспособным.

Список используемых источников:

1. Устинова Л.Н., Аракелова А.О. Технологии управления человеческими ресурсами на основе цифрового подхода // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2021. Т. 14, № 6. С. 40–52.

2. Стратегическое управление развитием цифровой экономики на основе умных технологий: монография / под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. — СПб: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021. 792 с.

3. Галкин П.В., Светлов И.Е. Стратегия развития человеческого капитала как один из приоритетов современного государственного управления. Вестник университета. 2018; (1): с. 54–58

Маркетинговая стратегия развития космического туризма

Янин Д.М.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Мезина Н.А.

МАИ, Москва

Космический туризм представляет собой относительно новую, но стремительно развивающуюся индустрию, которая открывает новые горизонты возможностей для человечества. Космические путешествия-это любая коммерческая деятельность, которая прямо или косвенно предоставляет клиентам возможность побывать в космосе.

В условиях быстрого технологического прогресса и увеличения доступности космических полетов космический туризм становится все более реальной перспективой. Данная работа посвящена маркетинговой стратегии, необходимой для развития космического туризма.

Первым шагом при разработке маркетинговой стратегии, является комплексный, всесторонний анализ рынка и идентификация целевой аудитории. На данный момент сектор космических путешествий отличается невысокими объемами и высокой стоимостью предоставляемых услуг.

Однако с появлением новых технологий и увеличением конкуренции, ожидается снижение стоимости и расширение рынка.

Целевая аудитория включает в себя людей с высоким уровнем дохода, путешествующих энтузиастов, а также представителей бизнеса, заинтересованных в пространственных исследованиях и развитии новых возможностей.

Следующий важный шаг — это формирование мощного бренда, который должен ассоциироваться с инновациями, безопасностью, эксклюзивностью и невероятным опытом. Уникальное предложение должно включать в себя доступ к уникальным космическим объектам, персонализированный сервис и возможность проведения научных исследований.

Эффективное использование различных каналов продаж является ключевым фактором в привлечении клиентов. Космические туристические компании могут использовать как онлайн-каналы (веб-сайты, социальные сети), так и оффлайн-каналы (туристические агентства, специализированные выставки и конференции). Важно обеспечить удобство бронирования и информационную поддержку для потенциальных клиентов.

Партнерство с другими компаниями и организациями может значительно расширить аудиторию и повысить уровень доверия к услугам космического туризма. Сотрудничество с производителями космических аппаратов, научными институтами, а также туристическими агентствами может способствовать развитию индустрии.

Проведение маркетинговых акций и рекламных кампаний направлено на привлечение внимания космической общественности и широкой публики к новым возможностям космического туризма. Использование рекламы в социальных сетях, участие в космических мероприятиях и проведение промо-акций способствуют созданию позитивного имиджа и увеличению спроса на услуги космического туризма.

Маркетинговая стратегия играет ключевую роль в развитии космического туризма, обеспечивая привлечение клиентов, укрепление бренда и расширение рынка. Правильно спланированная и реализованная маркетинговая стратегия позволит создать устойчивую и процветающую индустрию космического туризма, открывая новые горизонты для человечества в исследовании космоса и развитии туристических возможностей.

Список используемых источников:

1. Поспелова А. В., Нетьматова А. Х. КОСМИЧЕСКИЙ ТУРИЗМ // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. — 2019.
2. БКС Мир инвестиций Около рынка // Космический туризм в цифрах: сколько стоит полет — 12 апреля 2023.

Секция №9.2 Управление качеством

Анализ современных подходов к управлению качеством проектов

Архипов П.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Левина Т.А.

Московский Политех, Москва

Управление качеством проектов является неотъемлемой частью успешного менеджмента в современном мире. Данный процесс направлен на достижение поставленных целей проекта с учетом требований заказчиков и стейкхолдеров. Этот процесс включает в себя несколько аспектов, начиная от выявления потребностей заказчика до планирования качества проекта с учетом ресурсов и бюджета, реализации контроля качества в ходе проекта, а также оценки качества по завершении проекта и сбора обратной связи.

Существуют разные современные подходы к управлению качеством проекта, каждый из которых имеет свои преимущества, недостатки и области применения. Методология «Agile», основана на итеративной разработке и гибкой адаптации к изменениям и уделяет наибольшее внимание непрерывному улучшению процессов и вовлечению клиента. Методика «Six Sigma», направлена на минимизацию дефектов и улучшение качества через статистический анализ процессов. Данная методика опирается на стандартизации и оптимизации бизнес-процессов. Принципы «Lean Management», направлены на идентификацию и устранение избыточных процессов или ресурсов, и опираются на концепции непрерывного совершенствования и снижении издержек.

При сравнительном анализе данных подходов становится видно, что каждый из них имеет свои особенности в зависимости от характеристик проекта. Agile больше подходит для проектов с частыми изменениями требований и активным взаимодействием с заказчиком, поэтому особенно часто используется при разработке программного обеспечения. Six Sigma предпочитают в случаях, когда важно строгое соблюдение стандартов и минимизация дефектов. Но при этом требует дополнительных затрат на обучение и статистический анализ. Lean Management подходит для проектов с малым бюджетом или ограниченными ресурсами, однако может оказаться менее эффективным в областях, где требуются быстрые изменения и высокая гибкость.

В заключение, выбор подхода к управлению качеством проектов зависит от его характеристик, требований заказчиков и особенностей бизнеса. Важно не останавливаться на одном подходе. Современный мир требует применение гибких методик и комбинирование подходов для достижения оптимальных результатов в управлении качеством проекта.

Список используемых источников:

1. Институт управления проектами. (2017). Руководство к своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК) (6-е изд.). Институт управления проектами. // М., «Олимп-Бизнес» 2018. 432 с.
2. Швабер, К. Гибкое управление продуктом и бизнесом. // М., «Альпина Бизнес» 2019. 26–33 с.
3. Ватсон, Г. Методология «Шесть сигм» для лидеров или как достичь 3-4 дефекта на миллион возможностей. // М., РИА «Стандарты и качество» 2006 23–33 с.

Анализ методов сбора обратной связи об обучении в высших учебных заведениях и их эффективность

Егоркина А.Е., Варыгин Р.А., Коровичев А.А.

Научный руководитель — Сокольский А.М.

МАИ, Москва

Повышение качества образования является одним из приоритетных направлений развития вузов в РФ [1]. Постоянно происходят изменения учебных планов, добавление новых дисциплин. В 2023/2024 учебном году был осуществлен переход на базовое высшее

образование в шести университетах России, в том числе и МАИ [2]. Для того, чтобы узнать были ли эти изменения полезны и эффективны, важно не только мнение руководящего состава, но и мнение обучающихся. Сбор обратной связи со студентов крайне важен для качества образования и должен быть регулярным.

Согласно статистике за 2022/23 учебный год [3], то по программам бакалавриата, специалитета, магистратуры обучались более 4,1 млн человек. Это очень большое количество, и нет возможности поговорить с каждым лично, поэтому провести опрос оценки эффективности обучения удобно и рационально. Для этого, используются различные системы сбора обратной связи (далее ОС).

Самым очевидным и доступным вариантом сбора ОС являются Google и Яндекс Формы. Легки в создании, просты в прохождении. Создатель формы имеет возможность выгрузки ответов в виде таблицы в формате .xlsx и диаграмм по каждому вопросу. Это удобно для сбора обратной связи по одной дисциплине, при большом количестве затрудняют просмотр статистики. А также сбор, обработка и проведение анализа результатов не так просты, как хотелось бы. Существенным недостатком является невозможность контроля прохождений опросов студентами и возможность одного человека пройти опрос несколько раз. Из-за этого мнение некоторых студентов может быть не услышано и тем самым потеряно.

Проанализировав уже существующие системы сбора анонимной ОС, студенты кафедры 307 «Цифровые системы и информационные технологии» МАИ разработали собственную платформу «Опросы 307». Информационная система позволяет собирать ОС, смотреть рейтинг преподавателей и дисциплин. Более того, система позволяет учесть индивидуальные образовательные траектории обучающихся (далее ИОТ)[4], предоставляя каждому студенту возможность проходить опросы только по его учебному плану.

На платформе есть 4 варианта доступа: студент, староста, преподаватель, администратор. Студенты проходят опросы по своим дисциплинам. Староста помимо возможности прохождения имеет возможность просмотра количества опросов, которые прошли его одногруппники, тем самым может контролировать количество прохождений, также редактировать список обучающихся в его группе и преподавателей, которые ведут дисциплины. Администратор видит рейтинг преподавателей и ответы на открытые вопросы о нём. Что позволяет оценить качество преподавания и отношение к студентам, а также проводить сбор, обработку и анализ анонимных данных.

Платформа «Опросы 307» позволяет эффективно собирать ОС студентов кафедры 307 об обучении, учитывая их ИОТ.

Проведён сравнительный анализ существующих платформ по следующим критериям: простота регистрации и авторизации, понятность навигации, удобство заполнения формы, безопасность и конфиденциальность, удобство сбора и анализа результатов опросов. Система "Опросы 307" соответствует всем вышеперечисленным критериям.

Список используемых источников:

1. Социальный вектор: Путин обозначил программу развития России до 2024 года / [Электронный ресурс] // RT: [сайт]. — URL: [https://russian.rt.com/russia/article/510502-putin-razvitie-rossiya-2024#:~:text=\(дата обращения: 15.02.2024\)](https://russian.rt.com/russia/article/510502-putin-razvitie-rossiya-2024#:~:text=(дата обращения: 15.02.2024)).
2. Базовое высшее образование / [Электронный ресурс] // МАИ: [сайт]. — URL: <https://priem.mai.ru/bachelor/basiceducation/> (дата обращения: 16.02.2024).
3. Образование в цифрах: 2023 / [Электронный ресурс] // Институт статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ: [сайт]. — URL: <https://issek.hse.ru/news/856369937.html> (дата обращения: 17.02.2024).
4. Индивидуальные траектории обучения бакалавров 09.03.02 на кафедре 307 МАИ / [Электронный ресурс] // Кафедра 307 МАИ: [сайт]. — URL: <https://ist.mai307.ru/> (дата обращения: 21.02.2024).

Использование средств автоматизации лабораторного оборудования для улучшения системы контроля качества авиационного топлива

Калинин С.А.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Фролов В.А.

ФГБУ Институт Стандартизации, Москва

В настоящее время выделяется два основных вида авиационного топлива: авиационный бензин и керосин. Для того, чтобы допустить такие нефтепродукты к использованию, необходимо проверить их соответствие стандартам [1, 2], проведя ряд лабораторных исследований. Одним из самых трудоемких и требовательных к квалификации персонала анализов является определение фракционного состава. Во время проведения анализа лаборанту необходимо одновременно контролировать и записывать пять параметров: температура, объем отогнанного продукта, время анализа, скорость и мощность нагрева. После проведения анализа происходит математическая обработка результатов, для нивелирования влияния изменяющихся условий окружающей среды на результаты испытания. Подобные расчеты производятся химиками чаще всего с использованием программных комплексов «LibreOffice Электронные таблицы» или «Microsoft Office Excel». Таким образом, сотрудники лаборатории во время проведения эксперимента в ручную фиксируют параметры проведения анализа, потом переводят их в электронный вид для обработки, составляют протокол испытаний и загружают его в систему электронного документооборота LIMS [3], используемую в лаборатории. Выполнение этих операций занимает продолжительное время и требует большой внимательности от лаборанта, ведь на каждом из этапов может возникнуть ошибка или неточность, причиной которого является человеческий фактор.

В настоящее время на рынке лабораторного оборудования представлены ручные, автоматические и полуавтоматические модели приборов, предназначенных для проведения такого анализа. Ручной прибор не обладает возможностями «помощи» химику в проведении анализа, тогда как автоматическая модель сама контролирует и фиксирует необходимые для корректного протекания эксперимента параметры, проводит их математическую обработку и формирует готовый протокол [4]. Полуавтоматический же прибор частично облегчает работу лаборанта. Сегодня большинство лабораторий, проводящие анализ авиационного топлива, имеют в своем парке исключительно ручные или полуавтоматические приборы. Проведение модернизации оборудования с заменой его на автоматическое является затруднительным. Такие модели являются дорогими и сложными в производстве и обслуживании, требуют высокой квалификации персонала, необходимость проведения периодической настройки и регулировки. Также часто с автоматическими приборами используется специальная стеклянная посуда, не всегда имеющаяся в наличии на Российском рынке.

Авторами работы предлагается подход по проведению автоматизации имеющегося в лаборатории ручного оборудования без его замены на новое. Комплекс автоматизации является отдельным устройством обладающим блоком управления и необходимыми датчиками. Датчики устанавливаются на ручной прибор, калибруются согласно инструкции производителя и передают данные на блок управления. Блок управления имеет сенсорный экран и понятный интерфейс, с помощью которого можно фиксировать параметры проведения анализа. Полученные данные автоматически подвергаются математической обработке с формированием электронного протокола испытаний. Данный комплекс автоматизации имеет возможность подключения к принтеру и системе LIMS, позволяющую организовать печать и передачу протоколов для последующего хранения.

Список используемых источников:

1. ГОСТ 10227-2013. Топлива для реактивных двигателей. Технические условия. М., 2014, 15 с.
2. ГОСТ 32513-2013. Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия. М., 2019, 21 с.

3. Williams A.J. Laboratory Information Management Systems (LIMS) / Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry (Third Edition) — 2017. P. 520–525. — DOI 10.1016/B978-0-12-803224-4.00070-4.

4. Дунаев С.В., Шестакова Т.В., Кудимов С.А. Новый отечественный автоматический анализатор для определения фракционного состава — вклад в импортозамещение / Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний — 2017. — № 10. — С. 36–41.

Производственный анализ в условиях цифровой экономики

Козырева У.Р.

Научный руководитель — к.т.н. Мирошниченко П.В.

МАИ, Москва

Производственный анализ является элементом системы научной организации производства [1], основоположником которой является Фредерик Уинслоу Тейлор (1856–1915) [2].

Производительность труда является базовым показателем эффективности организационной деятельности предприятия. В рамках национального проекта «Производительность труда» предприятиям предоставлена возможность по внедрению лучших практик (типовых решений) и получению услуг по повышению производительности труда от специализированных центров компетенций на федеральном и региональном уровне [3]. Закрепиться на рынке, увеличить производительность, повысить удовлетворенность потребителей и нарастить прибыль/увеличить доходы — цели конкурентоспособного предприятия. Для достижения целей предприятия применяют «бережливые» инструменты, внедряют системы менеджмента качества и др.

Цифровизация (готовность и развитие до уровня способности внедрять компоненты индустрии 4.0), в свою очередь, позволяет говорить о более высоких уровнях производительности, прибыли и удовлетворенности потребителей. Очевидно, возникает задача интеграции традиционных инструментов повышения производительности труда в условия цифровой экономики.

В статье предлагается рассмотреть производственный анализ, как инструмент бережливого производства, адаптированный к условиям современного предприятия. Производственный анализ — инструмент, схожий с известными инструментами менеджмента качества (например, статистические и инструменты работы с несоответствиями (поиск причины возникновения отклонения, работа с корректирующими действиями)). На современных предприятиях аналоговый («бумажный») способ передачи и обработки информации сведен к минимуму или даже исключен, что позволяет оптимизировать ресурсы работников и производственного процесса. В отличие от применения традиционных бланков производственного задания с внесением плановых и фактических данных, записей причин простоя, а также фиксации принятых мер, на современном предприятии работник может получать задание на смену через электронный терминал. Планирование и учет производственных заданий осуществляется информационной системой, человек в этом случае становится оператором машины для мониторинга технологических операций, контроля и выявления возможного брака, а также внесения данных в цифровую форму производственного анализа.

Сбор и анализ статистики по группе оборудования в MES-системах автоматизирован [4]. Задачей человека остается стратификация, выявление причинно-следственных связей и принятие обоснованных управленческих решений по мерам коррекции и корректирующих действий на основе предиктивной аналитики, которая позволит свести к минимуму вероятность наступления негативных факторов путем выявления закономерностей, основанных на накопленных данных в системе.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что разработанные и уже применяемые инструменты повышения производительности не теряют своей актуальности и обладают потенциалом развития с применением современных развивающихся цифровых технологий.

Список используемых источников:

1. Taylor, F. W. The Principles of Scientific Management / F. W. Taylor. — New York, London : Harper & Brothers, 1919.
2. ГОСТ 19605 Организация труда. Основные понятия. Термины и определения : дата введения 1974-08-01. — Москва : Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1974. — 4 с.
3. Паспорт национального проекта «Производительность труда» (сроки реализации проекта: 01.10.2018-31.12.2024).
4. Аналитика MES-систем: как использовать данные для прогнозирования и принятия оперативных решений? // LeanTech URL: <https://leantech.ai/analitika-mes-sistem> (дата обращения: 27.01.2024).

Управление рисками и возможностями в системе менеджмента качества: использование методов на примере патентных ведомств

Корнюшина А.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Александров М.Н.

МАИ, Москва

Для построения проактивной системы менеджмента качества (СМК) Организации необходимо внедрить механизм управления рисками и возможностями. Преимуществами использования такого подхода являются предупреждение потенциальных несоответствий, готовность к изменению внешних и внутренних факторов контекста, снижение уровня затрат, устойчивое развитие организации. Управление рисками и возможностями включает в себя идентификацию, анализ, оценку, планирование, выбор стратегии, реализацию мер по реагированию, мониторинг и совершенствование механизмов в рамках осуществляемой деятельности.

Рассмотрим внедрение данного подхода на примере деятельности патентных ведомств. Патентные ведомства играют важную роль в поддержании инновационной активности и обеспечении защиты интеллектуальной собственности, в том числе, для авиационной и аэрокосмической отрасли.

В первую очередь, в рамках управления рисками и возможностями необходимо определить контекст организации и факторы, влияющие на нее. Наиболее подходящими инструментами для этого являются SWOT- и PEST-анализы.

На примере патентных ведомств в рамках SWOT-анализа определены:

1. сильные стороны: высокая квалификация и практический опыт сотрудников, наличие специализированных баз данных и автоматизированных систем;
2. слабые стороны: отсутствие информации в отношении новых сфер, длительности и сложность проведения анализа документов заявок, недостаток узкоспециализированных специалистов;
3. возможности: внедрение новых технологий, повышение уровня автоматизации, популяризация знаний среди заинтересованных сторон;
4. угрозы: изменения требований законодательства, прекращение договорных отношений, искажение работы автоматизированных систем и баз данных.

Для анализа внешней среды патентных ведомств применен PEST-анализ, в рамках которого определены политические, экономические, социальные и технологические факторы, влияющие на деятельность организации. К политическим факторам отнесены геополитические события, политическая обстановка, к экономическим — уровень безработицы, инфляция, доступ к финансовым ресурсам, к социальным — уровень социальной напряженности, морально-этические кодексы, демографические тенденции, к технологическим — доступность технических ресурсов, развитие интеллектуальных систем, технологические изменения в науке.

На основе SWOT- и PEST-анализов идентифицированы риски и возможности и сформирован их перечень. Далее риски и возможности проранжированы по уровням:

высокий, средний, низкий. В рамках патентных ведомств к высоким рисками отнесены искажение данных ввиду неполадок автоматизированных систем, неполнота анализа документов заявок, ошибки в отчетных документах, к средним рискам — опечатка при переводе документов заявки. В качестве возможности с высоким уровнем определено размещение доступной информации для заявителей по формированию пакета документов и процедуре подачи, со средним уровнем — разработка собственной автоматизированной системы, с низким уровнем — отказ от ручного заполнения форм. Выявленные риски и возможности занесены в матрицу в соответствии с их уровнем.

Для рисков с высоким уровнем разработаны предупреждающие и корректирующие действия, для возможностей — план мероприятий по их осуществлению.

Для детализации рисков использован метод «Галстук-бабочка», который позволяет комплексно проработать причины, последствия, методы контроля и мероприятия по реагированию по каждому отдельному риску. В рамках данной публикации рассмотрен риск «Ошибки в отчетных документах». Причинами возникновения текущего риска могут послужить использование неактуальной базы, ошибка при классификации, ошибочное понимание экспертом сущности заявленного. В качестве предупреждающих мер предложены своевременная актуализация данных, автоматический обмен информацией, систематическое обучение сотрудников, регулярное информирование сотрудников об изменениях в процедурах СМК, промежуточный контроль результатов, просвещение заявителей. Для оперативного реагирования в случае возникновения риска разработаны следующие мероприятия: повторное проведение анализа, привлечение более опытных сотрудников. В качестве последствий выступают нарушение сроков в связи с необходимостью повторного проведения анализа, увеличение объема требуемых ресурсов.

Для систематизации последствий и мероприятий использован метод «Дерева событий», в котором прослеживаются последствия различных событий, определены наиболее вероятные сценарии, обозначены мероприятия по реагированию, что позволяет патентным ведомствам быть готовым к различного рода неопределенностям и построить проактивную СМК, соответствующую требованиям стандартов ИСО серии 9000.

Таким образом, внедрение механизма управления рисками и возможностями в СМК играет важную роль в устойчивом развитии любой Организации.

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. М.: Стандартинформ, 2015.
2. ГОСТ Р ИСО 31000-2019. Менеджмент риска. Принципы и руководство. М.: Стандартинформ, 2020.
3. Quality of patents. [Электронный ресурс]. URL: https://www.wipo.int/patents/en/topics/quality_patents.html (Дата обращения: 18.01.2024)
4. Внедрение риск-менеджмента в систему управления качеством предприятия. Попова Л.Ф. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-risk-menedzhmenta-v-sistemu-upravleniya-kachestvom-predpriyatiya>

Структура системы для экспертной оценки выполнения необходимых процедур при разработке радиотехнических устройств космической аппаратуры

Мкртчян Г.А., Насыров Д.Д., Бушуев Н.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Полесский С.Н.

НИУ ВШЭ, Москва

Один из самых важных показателей надежности — это коэффициент качества производства (КА) [1], именно он определяет уровень требований к разработке и изготовлению аппаратуры. Для его оценки ранее использовались математические модели, основанные на интегральном коэффициенте КА, который подразумевал соблюдение всех условий научно-технической документации. Однако, сейчас этот метод недостаточно точен,

поскольку часто нарушаются требования научно-технической документации, и поэтому требуется применять более сложный подход, учитывающий разнообразные факторы, влияющие на отказы.

Решение данной проблемы было представлено авторами статьи [2], которые предложили использование многофакторного подхода на основе справочника "Handbook of 217plus reliability prediction model" [3]. В нем описан способ оценки интенсивности отказов с учетом разных причин (категорий) отказов с помощью списка вопросов направленных на выявление проблемных областей надежности.

Существующая система оценки показателей надежности состоит из большого количества вопросов (более 450), которые, как уже говорилось ранее, разделены на категории отказов. В каждой категории вопросы можно распределить на различные группы, позволяющие установить взаимосвязи между элементами опроса и охарактеризовать их, что в оригинальном справочнике не было предусмотрено. Кроме того, часть вопросов содержит в себе ответы на другие, что дает возможность упростить прохождения опросника. Также отметим, что для системы оценки отсутствует программный модуль и вопросы не адаптированы для РФ.

Авторы статьи [2] предложили модифицировать формулу из иностранного справочника путем введения в нее коэффициента качества производства. Этот фактор упрощает расчет как общей интенсивности отказов, так и интенсивности отказов электронных модулей (ЭМ): интенсивность отказов ЭМ — это общая интенсивность отказов, умноженная на производственный фактор.

Система изменена таким образом, чтобы упорядочить вопросы по их уровню ЭМ и по их принадлежности к определенным тематическим областям, что помогает установить взаимосвязи между элементами опроса и построить структуру в рамках предметных областей. Кроме того, внесенные изменения позволяют автоматически получать ответы на вопросы в зависимости от их порядка в получившейся иерархии (ответы на вопросы более высокого уровня можно дать, получив ответы на вопросы более низкого уровня).

Определение связей между вопросами и построение системы в каждой предметной области осуществляется введением категорий «Предметная область» и «Уровень ЭМ». А работа автоматических ответов — «Предполагаемый ответ».

Вопросы также можно классифицировать по отделам производства («Отдел производства»), направленностям («Направленность») [4] и видам направленностей («Вид направленности»), к которым они относятся. Это позволяет настраивать опрос под респондента и распределить вопросы системы оценки между всеми сотрудниками предприятия, проходящие опрос. Суть концепции заключается в том, чтобы скрывать те части опроса, которые не касаются человека и вычислять коэффициент качества производства (КА) на основе результатов системы оценки каждого участника опроса, согласно следующей иерархии: производство — первый уровень, отделы — второй уровень, предметные области — третий уровень.

Если ответственного за определенную предметную область, отдел или предприятие нет, то соответствующий результат будет равен 0, а качество производства будет оцениваться менее точно. Анализируя формулу коэффициента качества производства из работы, можно сказать, что кроме преимуществ, описанных авторами статьи, этот метод позволяет сократить число операций и, соответственно, время расчетов для системы оценки.

Данные нововведения позволяют оптимизировать процесс оценки коэффициента качества производства предприятия, давая возможность, ответить только на часть вопросов, представленных в справочнике, что позволяет сделать опрос более доступным и менее трудозатратным для респондентов.

Благодарность

Публикация подготовлена в ходе проведения исследования (Проект № 24-00-024 «Развитие методов прогнозирования показателей надежности электронных модулей») в рамках Программы «Научный фонд Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ)» в 2024 г.

Список используемых источников:

1. Королев П.С. Исследование влияния коэффициента качества производства аппаратуры на оценку показателей надежности радиолокационного оборудования / П.С. Королев // Научные чтения по авиации, посвящённые памяти Н.Е. Жуковского. — 2019. — С. 90–94.
2. Королев П.С. Оценка «коэффициента качества производства» для модели интенсивности отказов радиотехнических приборов непилируемых автоматических космических аппаратов / П.С. Королев, В.В. Жаднов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. — 2020. — Т. 63. — № 3. — С. 264–277.
3. Артюхова М. Оценка показателей надежности электронных средств с учетом многофакторного коэффициента качества производства / М. Артюхова, В. Жаднов, С. Полесский // Компоненты и технологии. — 2014. — № 4. — С. 204–207.
4. Denson W. Handbook of 217plus reliability prediction models / W. Denson. — RIAC, 2006.

Обратная связь от потребителей в системе менеджмента качества

Мухин М.П.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Левина Т.А.

Московский Политех, Москва

Обратная связь от потребителей представляет собой ключевой элемент успешной системы менеджмента качества, играющий важную роль в обеспечении эффективности и устойчивости бизнес-процессов в авиапромышленности. Этот механизм обмена информацией между компанией и ее клиентами, который предоставляет ценные данные, необходимые для постоянного улучшения качества продукции или услуг и соответствия их ожиданиям [1].

В контексте системы менеджмента качества, обратная связь от потребителей является неотъемлемой частью стратегии управления качеством. Она служит индикатором удовлетворенности клиентов и позволяет компаниям лучше понимать их потребности и предпочтения. При этом обратная связь выступает важным инструментом для выявления слабых мест в процессах предоставления продукции или услуг, а также для идентификации возможностей для инноваций и улучшений.

В системе менеджмента качества существует несколько механизмов для сбора обратной связи от потребителей, обеспечивая комплексный и систематический анализ мнения клиентов. Некоторые из этих механизмов включают:

1. Анкеты и Опросы. Распространение анкет или проведение опросов среди потребителей является распространенным механизмом. Этот метод позволяет собирать структурированные данные и оценки в отношении различных аспектов продукции или услуг [2].
2. Интернет-Формы и Веб-Опросы. Использование интернет-форм и веб-опросов облегчает сбор обратной связи онлайн. Это удобный способ для клиентов выражать свое мнение, особенно в цифровую эпоху [3].
3. Отзывы в Социальных Сетях. Мониторинг отзывов в социальных сетях предоставляет компании возможность отслеживать общественное мнение и реакции на свои продукты или услуги. Это также может быть эффективным средством для решения проблем в реальном времени.
4. Фокус-Группы. Организация фокус-групп, где небольшие группы клиентов обсуждают свои впечатления и предложения, предоставляет глубокий и контекстуальный анализ. Этот метод позволяет выявлять не только проблемы, но и новые идеи.
5. Сервисные Линии и Центры Обработки Обращений. Создание специальных сервисных линий или центров обработки обращений обеспечивает клиентам прямой канал для выражения своих замечаний и предложений. Это позволяет компании оперативно реагировать на возникшие проблемы.
6. Мониторинг Отзывов и Оценок. Следя за отзывами и оценками на платформах электронной коммерции или внутри компании, организации могут оценивать удовлетворенность клиентов и выявлять ключевые тренды.

7. Анализ Рекламаций и Возвратов. Обработка рекламаций и возвратов товаров также является важным механизмом сбора обратной связи. Анализ этих данных может выявить конкретные проблемы с продукцией или сервисом.

8. Личные Интервью. Проведение личных интервью с клиентами может предоставить более глубокое понимание их потребностей и ожиданий, особенно при работе с ключевыми клиентами или в случае сложных продуктов и услуг.

Эффективное использование этих механизмов в СМК обеспечивает компании полный спектр данных для анализа и последующего улучшения продукции или услуг.

Дальнейший анализ обратной связи в системе менеджмента качества позволяет выявить ряд ключевых аспектов, которые формируют основу для принятия стратегических решений и улучшения бизнес-процессов. Эти аспекты включают в себя тренды в потребительских предпочтениях, выделение успешных практик, а также выявление проблем и потребностей клиентов. Результаты анализа помогают компании лучше понимать изменения в потребительском спросе, оптимизировать свои процессы и повышать удовлетворенность клиентов.

Список используемых источников:

1. Купчинская Ю. А., Чеховская С. А. Процесс улучшения методики сбора информации у потребителей // Бизнес-образование в экономике знаний. 2017. №2 (7).

2. Жулькова Ю. Н., Забавина Е. А., Хазанова В. В., Биндюкова А. П., Шамина Е. М. Механизм взаимодействия предприятия с потребителями посредством обратной связи: анкетирование // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2020. №2 (44).

3. Гаврикова Н.В., Наумов С.М., Колдина Д.А. Роль обратной связи в системе менеджмента качества // Тенденции развития науки и образования. 2020. № 66-3. с. 106–106

Оценка поставщиков в рамках цифровизации

Прокопенко А.И.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Борисова Е.В.

МАИ, Москва

Применение цифровых технологий оборонно-промышленным комплексом в 21-м веке как никогда актуально, так как это дает возможность компании повышать качество производства, сокращать сроки изготовления изделий, увеличивать рентабельность и т.д. Именно поэтому выбор поставщиков, использующих в своем производстве ряд новых технологий, дает Головному исполнителю выполнить гособоронзаказ (ГОЗ) с меньшими затратами, за более короткий срок и с высокими показателями качества.

В рамках реализации ГОЗ Головной исполнитель формирует кооперацию головного исполнителя в соответствии с законами, регулирующими эту область деятельности: № 275-ФЗ «О государственном оборонном заказе», № 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». Данные законы регламентируют требования к прозрачному, справедливому, экономически целесообразному проведению закупочной деятельности.

В соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001 и государственных военных стандартов Головной исполнитель обязан определять критерии оценки, выбора и мониторинга результатов деятельности внешних поставщиков, а также оценивать до заключения контракта деятельность потенциальных внешних поставщиков для установления их соответствия требованиям, предъявляемым заказчиком. Помимо вышеперечисленных требований стандарт определяет критерии для идентификации и управления рисками, такими как качество и сроки, в части работы с внешними поставщиками, именно поэтому Головному исполнителю нельзя забывать о рисках — управляя ими нужно обратить внимание на «цифровизированных поставщиков».

Когда же мы стали уделять столько внимания цифровизации? Сам термин «Индустрия 4.0», обозначающий 4-ю промышленную революцию, предполагающую новые подходы к

производству, основанные на интеграции информационных технологий в промышленность, масштабной автоматизации бизнес-процессов и распространении искусственного интеллекта, ввел в массовое употребление в 2016 году Клаус Шваб –президент Всемирного экономического форума в Давосе.

На данный момент такие головные исполнители как «Вертолеты России», «ОАК» и «ОДК» уже внедрили в свое производство различные цифровые технологии и смогли добиться хороших результатов. Данный опыт необходимо передавать и организациям — поставщикам, входящим в кооперацию, для улучшения качества работы в российском производстве в целом.

Рассмотрим более подробно какие цифровые технологии могут быть применимы:

1. Аддитивные технологии дают возможность организации снизить производственные расходы за счет:

- Перехода с человеческих ресурсов на роботизированные;
- Повышения качества продукции;
- Снижения травм у сотрудников;
- Увеличения скорости изготовления изделия.

2. Видеоаналитика на основе искусственного интеллекта и искусственный интеллект дают возможность компании:

- Проследить за работой аппаратуры 24/7, что повышает возможность обнаружения сбоев в работе и уменьшает количество брака;
- Снизить ошибки из-за человеческого фактора, такие как плохое отслеживание за работой аппаратуры, просчеты и недоработки в части производства изделий.

3. Промышленный интернет вещей (Industrial Internet of Things, IIoT) при внедрении на предприятии создает новые возможности для развития производства и решает ряд важнейших задач:

- Повышение производительности оборудования,
- Снижение материальных и энергетических затрат,
- Повышение качества,
- Оптимизация и улучшение условий труда сотрудников компании,
- Рост рентабельности.

Именно за счет использования у себя подобных цифровых технологий поставщики могут предоставить Головному исполнителю ГОЗа уверенность в том, что закупаемая продукция будет выполнена с учетом всех рисков, высокими показателями качества, быстрее чем обычное производство и в определенных моментах дешевле.

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Система менеджмента качества. Требования». М.: Стандартинформ, 2015;
2. Федеральный закон «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» от 18.07.2011 N 223-ФЗ;
3. Федеральный закон «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» от 05.04.2013 N 44-ФЗ;
4. Федеральный закон «О государственном оборонном заказе» от 29.12.2012 N 275-ФЗ;
5. ГОСТ Р 58876-2020 «Системы менеджмента качества организаций авиационной, космической и оборонной отраслей промышленности».

Патентное исследование как способ предотвращения рисков и определения возможностей авиационного предприятия

Рублева С.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Гришаева С.А.

МАИ, Москва

В эпоху цифровой индустрии технологии, применяемые на авиационном производстве, стремительно меняются и развиваются. Многие компании ставят своей стратегической целью выход на мировой рынок, для преодоления большой конкуренции им необходимо вводить в свое производство передовые технологии. Кроме того, в настоящее время Россия стремится увеличить количество запатентованных разработок, внедряя программы поддержки

изобретательства. У организации появляется два способа повышения научно-технологического развития: либо компания самостоятельно проводит исследования и предлагает новые технические решения, либо использует уже запатентованные. Разработка новейших технических и технологических решений является интеллектуальным трудом, любой изобретатель стремится защитить свои права на интеллектуальную собственность, а также право её пользования. Актуальность исследования заключается в том, что у предприятия, специализирующегося в авиационной сфере, появляется целый ряд рисков и возможностей, которые необходимо учитывать при разработке или внедрении новой технологии в производство.

Целью исследования является определение рисков, которые можно предотвратить еще на этапе разработки технологии или при ее внедрении при помощи проведения патентного исследования, а также рассмотрение предполагаемых возможностей.

В п.3.6 стандарта ГОСТ Р 15.011-96 «Патентные исследования. Содержание и порядок их проведения» раскрывается понятие патентного исследования, которое включает в себя следующие виды работ: исследование технического уровня и тенденций развития техники, патентоспособности, патентной чистоты и конкурентоспособности. Исходя из определения сформулируем перечень рисков для организации, связанных с разработкой и внедрением новых технических решений при отсутствии проведения патентного исследования.

1. Нарушение чужих патентных прав и, как следствие, увеличение издержек из-за выплаты компенсаций. При выходе на новый рынок может оказаться так, что использованная при производстве технология уже запатентована кем-то другим и в данный момент используется неправомерно.

2. Неконкурентоспособная продукция на рынке. В ходе патентного исследования может выясниться, что рынок, на который планирует выйти организация, уже заполнен изделиями более высокого уровня технического развития, таким образом, ее изделия становятся неконкурентоспособными по сравнению с ними, и выход на этот рынок становится нецелесообразным.

3. Создание решения, которое не получится запатентовать. Потеря актуальности проведения НИОКР. Выбранная технология уже запатентована, как следствие, все последующие исследования и разработки не имели смысла. Можно было избежать этих трат, если бы заранее было проведено патентное исследование.

Возможности, появляющиеся в ходе проведения патентных исследований:

1. Понимание тенденций развития технологий в отрасли, как следствие, способность определить вектор развития деятельности компании; разработка стратегии продвижения продукта на рынок;

2. Поиск потенциальных партнеров-изобретателей для заключения лицензионных договоров;

3. Определение новых рынков сбыта продукции, где уровень технического прогресса менее развит.

Определение рисков и возможностей является частью процессного подхода в системах менеджмента качества (СМК), в соответствии с которым можно разложить процесс на его составляющие. Так, на вход подается документация разрабатываемого устройства или новой технологии, выходом является отчет о проведенных исследованиях. К управляющим воздействиям относятся ГОСТ Р 15.011-96, к ресурсам — базы данных (Espacent, PatentScore, ORBIT Intelligence), в которых собраны патентные документы, статьи в специализированных научных журналах, отчеты по НИР. Участниками процесса являются эксперты. Показателями качества процесса являются ширина и глубина патентного поиска.

Важность процесса патентного исследования объясняется тем, что он находится в начале цепочки процессов жизненного цикла продукции, соответственно, затраты на исправление ошибок, связанных с некачественным выполнением данного процесса и возникновением вышеперечисленных рисков, возрастают в десятикратном размере с каждой последующей стадией.

Таким образом, проведение патентного исследования является возможным инструментом для предотвращения рисков, связанных с отсутствием патентоспособности, патентной чистоты и технической новизны. Кроме того, в ходе проведения исследования выявляются возможности, которые способствуют удачной реализации продукции. Патентное исследование, с точки зрения СМК, можно рассмотреть как один из основополагающих процессов, т.к. от качества его реализации зависит качество всех процессов в совокупности.

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р 15.011-96 «Патентные исследования. Содержание и порядок их проведения»
2. ПАТЕНТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. URL: <https://www.fips.ru/tsentr-sodeystviya-operezhayushchim-tehnologiyam/> (Дата обращения: 20.02.2024). — Текст: электронный.
3. ПАТЕНТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ. URL: <https://legal-support.ru/information/blog/zashita-prav/patentnye-issledovaniya/> (Дата обращения: 20.02.2024). — Текст: электронный.
4. Что такое патентные исследования и как их провести. URL: <https://www.garant.ru/gardium/guide/chto-takoe-patentnye-issledovaniya/> (Дата обращения: 20.02.2024). — Текст: электронный.

Рекомендации по расчёту значимости потенциальных отказов при использовании метода FMEA в материаловедении

Смирнова Е.А.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Одинокоев С.А.

МАИ, Москва

Управление рисками сегодня играет существенную роль во всех сферах деятельности, в том числе и в области материаловедения. Его осуществление связано с использованием нормативной документации, в том числе стандарта ГОСТ Р ИСО 58771 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска», который рекомендует соответствующие методы управления рисками, важнейшим из которых является метод FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) — анализ причин и последствий отказов.

Метод анализа причин и последствий отказов изначально использовался в автомобилестроении. Но практика показывает его востребованность и в других областях. В прошлом году на этой же конференции я применила данный метод в учебной деятельности, а в этом году — в области материаловедения.

Этот метод подразумевает оценку, идентификацию и постоянное снижение рисков. В его основе лежит определение обобщенной оценки качества за счет расчета приоритетного числа риска (ПЧР), которое состоит из трех составляющих. В первую очередь определяется значимость потенциального отказа, которую необходимо определить в самом начале. Для этого следует определить и систематизировать возможные дефекты металлов. Дефект — это несоответствие производимой продукции установленным требованиям.

По типу происхождения дефекты разделяют на металлургические, технологические и эксплуатационные (например, трещины, острые царапины, забоины и т.д.). Дефекты металлургического происхождения в свою очередь делятся на металлические включения, неметаллические включения, химическую неоднородность и включения в виде полос или слоев. Видами дефектов технологического происхождения являются внутренние трещины, случайные включения, поверхностные точечные включения.

Также дефекты можно классифицировать по виду обработки: литье (наrost, вмятина, усадочная раковина, ликвация, пористость, трещины и др.), обработка давлением (надрыв на поверхности, расслоение, ликвация, трещины, риски и т.д.), термическая обработка (пережог, перегрев, пятна, трещины, несоответствие толщины и т.д.), механическая обработка (трещины, прожог и т.д.).

Можно применять классификацию по различным параметрам: состояние поверхности отливки (повышенная шероховатость, пригар, повышенная твердость поверхностного слоя и др.), несплошность отливок (газовые раковины, трещины, пористость и т.д.), геометрические характеристики отливки (нечеткие контуры отливки, наружные усадочные дефекты и др.),

состояние материала отливки (недостатки структуры сплава, неудовлетворительные механические свойства, несоответствие химического состава сплава паспортным данным). Данные несоответствия зависят от типа сплава, материала литейной формы, литейного оборудования и других факторов. Ниже представлена классификация дефектов отливок из γ -сплавов, а также наиболее их вероятные причины и способы предупреждения их образования.

1) Несоответствие размеров отливки чертежу (причина: применение некондиционных формовочных материалов; способ предупреждения: контроль исходных формовочных материалов).

2) Повышенная шероховатость (причина: недостаточная плотность формы; способ предупреждения: контроль уплотнения формы).

3) Пористость (причина: низкий уровень вакуума в печи; способ предупреждения: обеспечение требуемого уровня вакуума в печи).

4) Недостатки структуры сплава (причина: нарушение теплового режима литья; способ предупреждения: применение рациональных литниковых систем при литье).

В работе описаны наиболее часто встречающиеся дефекты, причины их возникновения, а также способы их устранения. В дальнейшем планируется провести их ранжирование по степени опасности, трудоемкости исправления и т.д. Специалисты-материаловеды смогут увидеть и обратить внимание на наиболее опасные и часто встречающиеся дефекты, а также разработать корректирующие действия в целях снижения появления этих дефектов.

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р ИСО 58771-2019 МЕНЕДЖМЕНТ РИСКА. Технологии оценки риска. — М.: Стандартинформ, 2019.

2. Ночовная Н.А., Базылева О.А., Каблов Д.Е., Панин П.В. Интерметаллидные сплавы на основе титана и никеля / под общ. Ред. Е.Н. Каблова. — 2-е изд., с изм. И доп. — М.: ВИАМ, 2019. — 316 с. : ил.

Риск-менеджмент процесса управления технологическим оборудованием

Тришина С.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Борисова Е.В.

МАИ, Москва

Выполнение опытно-конструкторских работ (ОКР) помимо непосредственной реализации производственного процесса предполагает обеспечение деятельности, к таковому относится процесс управления технологическим оборудованием. Он направлен на обеспечение стабильного уровня качества производственного процесса, а также рационального использования основных фондов предприятия и включает в себя следующие этапы: входной контроль, пуско-наладочные работы и ввод в эксплуатацию, идентификацию, планово-предупредительные работы, неплановые ремонты, проверку оборудования на технологическую (геометрическую точность), консервацию и реконсервацию.

При планировании и реализации процесса управления технологическим оборудованием следует учитывать риски, связанные с невыполнением установленных требований. Риск-менеджмент позволяет организации определить слабые места и разработать стратегию развития с учетом потенциальной опасности. Для этого необходимо в первую очередь провести анализ требований применительно к процессу, идентифицировать риски и составить их перечень, провести оценку и разработать меры управления для наиболее критичных рисков.

В рамках данной работы нормативным техническим документом, устанавливающим требования, выступает ГОСТ Р ИСО 9001. Анализ стандарта заключается в идентификации применимых непосредственно к процессу требований и определении примерного перечня объективных свидетельств их выполнения. Результат данного этапа наиболее удобно представить структурированно в виде таблицы.

Используя информацию, полученную в ходе анализа, для процесса управления технологическим оборудованием определен перечень рисков невыполнения установленных

требований. Действия в отношении рисков предполагают их оценку по степени критичности, для этого применена количественная оценка — приоритетное число риска, учитывающая значимость и вероятность возникновения. К наиболее критичным рискам отнесены: нарушение процесса управления инфраструктурой (технологическим оборудованием); нарушение процесса управления средствами измерений; отсутствие планирования управления технологическим оборудованием в рамках выполнения ОКР/работ; нарушение процесса поддержания среды для функционирования процессов.

Для перечисленных выше рисков предложены меры управления, представляющие собой предупреждающие действия, направленные на устранение или снижение вероятности возникновения несоответствия. Например, для исключения вероятности нарушения процесса управления инфраструктурой следует выполнить ряд мероприятий, а именно: назначить ответственных; подробно описать и регламентировать процесс в локальной нормативной документации; определить критерии результативности процесса и подвергать мониторингу; планировать и реализовывать меры по улучшению процесса, основываясь на результатах внутренних проверок, мнении сотрудников и положительном опыте других организаций.

На сегодняшний день тема управления рисками является одной из наиболее актуальных, так как исключение или минимизация влияния неопределённостей позволяет обеспечить стабильность процессов и устойчивое развитие организации.

Список используемых источников:

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2015 «Система менеджмента качества. Требования». М.: Стандартинформ, 2015

Секция №9.3 Управление персоналом аэрокосмической отрасли

Пути преодоления угроз кадрового обеспечения российских промышленных организаций в условиях нарастания кадрового голода

Ахметшин Д.Ф.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Лифановская О.В.

Финансовый университет, Москва

В российской экономики современные условия связаны с сложной тенденцией нарастания кадрового голода по рабочим и инженерным специальностям, особенно на промышленных предприятиях. Появление новых технологичных отраслей усиливают конкуренцию между странами. Массовая релокация квалифицированных кадров ввиду политической нестабильности, негативно сказались на кадровом обеспечении промышленности и инновационных отраслей. Кроме того, не стоит преуменьшать существенность рисков, которые сосредоточены на производстве. Так, рассматривающий в своих работах данный вопрос авторы отмечают смертность и инвалидность, как одни из ключевых угроз на промышленном предприятии. Данные факторы обозначили новые угрозы, которые ставят под удар не только настоящее экономическое положение предприятий, но и затрагивает будущие процессы, усложняя тем самым процесс прогнозирования и стратегического планирования их развития.

Таким образом, необходимо рассмотреть систему управления человеческими ресурсами, которая позволяла бы эффективно сократить масштаб угроз кадрового обеспечения промышленного комплекса в России. Во-первых, на крупных промышленных предприятиях следует создать функционирующие кабинеты здоровья, которые могли бы позволить проводить профилактические оздоровительные меры для сотрудников предприятия без отрыва от производства. Для групп малого и среднего бизнеса рекомендуется создавать общие кабинеты, несущие оздоровительно-профилактический характер. Во-вторых, фирмам стоит обратить большее внимание на программы переобучения и повышения квалификации собственных сотрудников, которые позволяли бы им повышать качество кадров. В-третьих, компаниям стоит обратить внимание молодежи на промышленную отрасль с помощью договоренностей с учебными заведениями, которые предполагали бы наличие ряда профильных целевых программ, направленных на гарантированное трудоустройство новых кадров.

Следовательно, промышленным компаниям стоит уделить большее внимание возможностям, которые позволили бы сохранить как текущий уровень кадрового обеспечения производства, так и увеличить численность сотрудников за счет «взращивания» специалистов отрасли.

Список используемых источников:

1. Мансурова, Т. Г. Кадровое обеспечение на промышленных предприятиях: проблемы и пути их решения / Т. Г. Мансурова // Региональный экономический журнал. — 2023. — № 1(34). — С. 75–83. — EDN DULZYE.
2. Угроза демографического кадрового кризиса в России и пути его преодоления / И. А. Гундаров, В. И. Стародубов, А. Л. Сафонов, Н. П. Соболева // Здравоохранение Российской Федерации. — 2017. — Т. 61, № 1. — С. 5–10. — DOI 10.18821/0044-197X-2017-61-1-5-10. — EDN YFOKVF.
3. Чиглинцева, Н. А. Тенденции и перспективы кадрового обеспечения предприятий оборонно-промышленного комплекса / Н. А. Чиглинцева // Конкурентоспособность территорий: Материалы XXVI Всероссийского экономического форума молодых ученых и студентов. В 3-х частях, Екатеринбург, 26–29 апреля 2023 года / Ответственные за выпуск: Я.П. Силин, В.Е. Ковалев. Том 3. — Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет, 2023. — С. 160–163. — EDN RRTEIR.

Корпоративная культура промышленных предприятий в условиях гибридного формата работы

Багаева К.И., Кистанова П.С.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Коновалова В.Г.

ГУУ, Москва

За последние несколько лет мир претерпел множество изменений и преобразований: COVID-19 и связанные с ним ограничения, экономические и политические перемены, рост популярности работы в дистанционном формате или смешанном (гибридном) формате. В связи с этим компаниям приходится видоизменять свою внутреннюю среду, адаптируя ее элементы для наиболее эффективной работы в «новой» реальности. При любых изменениях в компании возникает вполне справедливый вопрос: как продолжать поддерживать корпоративную культуру на должном уровне, не теряя при этом ее ценность для сотрудников компании. В настоящее время необходимо научиться управлять культурой в условиях либо дистанционного формата работы, либо гибридного формата работы. Важным аргументом в пользу актуальности исследований в данном направлении может послужить то, что в некоторых компаниях и до пандемии COVID-19 было уже достаточно популярен смешанный формат работы, а сейчас возможности работы вне офиса стала одним из важных требований при поиске рабочего места. Важно отметить, что гибридный формат работы негативно влияет на взаимодействие сотрудников друг с другом, поэтому руководству важно делать акцент на поддержании коммуникации между работниками. Этого можно добиться посредством сочетания мероприятий в онлайн- и офлайн-форматах (например проведение совместных тимбилдингов по видеосвязи с сотрудниками, работающими удаленно или находящимися в других филиалах компании). Немаловажным фактором укрепления связи между сотрудником и компанией может быть открытый диалог с руководством (например, онлайн-встречи, в рамках которых один из участников диалога задает вопросы, а другой — отвечает, на следующей встрече можно поменяться ролями).

Для более формальной части работы также есть возможности повышения ее эффективности (проведение дистанционных еженедельных совещаний в рамках структурных подразделений организации, где также будут выполняться привычные всеми действия: активное обсуждение оперативных вопросов, подведение промежуточных результатов, определение будущих задач, выступление руководства с целью мотивации персонала). Для повышения дисциплины при работе в удаленном формате рекомендуется заранее составлять график и план всех видеоконференций и совещаний, а также формировать единый свод правил работы вне офиса.

Затрагивая одно из ключевых звеньев в корпоративной культуре — ценности компании, следует учитывать, что их значимость может уменьшаться для сотрудников, работающих дистанционно, так как нет их постоянной трансляции в стенах офиса. Руководству следует принять соответствующие меры для систематического напоминания о ценностях компании в онлайн-формате (формирование контента в виде коротких видео, через которые будут транслироваться информация о ценностях организации, о сотрудниках и их достижениях, о предстоящих мероприятиях и пр.). Следует понимать, что при реализации вышеуказанных рекомендаций организации необходимо создать общую коммуникативную среду с использованием платформ с видеосвязью, а также с обеспечить коллектив необходимым оборудованием [2].

Важно учитывать и психологические аспекты удаленной работы. По данным компании Gartner, всего 25% гибридных работников чувствуют свою связь с корпоративной культурой, поэтому при таком формате работы приоритеты должны меняться, руководителям необходимо не только показать сотрудникам в чем заключается корпоративная культура и на сколько личные ценности работника соответствуют ей, а также развить у них связь с компанией через корпоративную культуру. То есть для сохранения корпоративной культуры на эффективном уровне, необходима идентификация сотрудников с ней, ее активная поддержка. Для этого руководителю необходимо правильно воздействовать на персонал, путем их эмоциональной привязанности к организации. Одним из подходящих методов для

повышения ценности компании в глазах сотрудника может являться демонстрация необходимости самого сотрудника и выполняемых им обязанностей в деятельности организации. Руководителю рекомендуется показать важность роли сотрудника, определить его место в общем механизме работы и, тем самым, указав ему на его незаменимость. Другим не менее важным способом вовлечения работников в жизнедеятельность организации является установка эмоциональной близости между сотрудником и компанией, иными словами, удаленные сотрудники должны чувствовать такую же связь с коллективом, руководством, миссией и задачами компании, как и персонал, работающий в офисе; акцент опять же предлагается сделать на понимании работником своего вклада в общее дело. Таким образом подстраивание корпоративной культуры под условия новой реальности достаточно трудоемкий и многоаспектный процесс. В данном случае затрагивается не только материально-техническая сторона подготовки компании к внедрению гибридного формата работы, но психологическая подготовленность рабочего коллектива к новым условиям работы.

Список используемых источников:

1. Konovalova, V.G., Petrenko, B.V., Aghgashyan, R.V. (2022). Choosing a Hybrid Work Model and New Challenges. In: Ashmarina, S.I., Mantulenko, V.V., Vochozka, M. (eds) Proceedings of the International Scientific Conference “Smart Nations: Global Trends In The Digital Economy”. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 397. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94873-3_69
2. Revitalizing Culture in the World of Hybrid Work / [Электронный ресурс] // Harvard Business Review. — URL: <https://hbr.org/2022/11/revitalizing-culture-in-the-world-of-hybrid-work>

Формирование процесса обучения персонала в образовательных организациях

Баранова С.В., Атякшева О.Ю.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Воронцова Ю.В.
ГУУ, Москва

Человеческие ресурсы имеют важное значение для достижения организационной политики организации, ее целей и задач; их можно рассматривать как фактор, который делает организацию продуктивной и конкурентоспособной и, следовательно, успешной, отсюда важность разработки системы управления персоналом, которая гарантирует наличие квалифицированного, компетентного, обновленного и мотивированного персонала, ориентированного на продуктивную работу и приверженного будущему организации [1]. Цели должны вытекать из оценки потребностей таким образом, чтобы они отражали информацию, которая будет корректировать будущие решения.

В образовательных организациях процесс обучения персонала должен основываться на стимулировании академического роста, индивидуальных и профессиональных заслуг, эффективности работы в соответствии с организационными целями, что достигается за счет реализации комплексных и последовательных программ, позволяющих выбирать, распределять, развивать и направлять развитие человеческих ресурсов на устойчивой и постоянной основе.

Процесс отбора и разработки программ развития карьеры включает в себя установление условий, которые приведут к достижению целей, а также выбору содержания, стратегии и определению ресурсов, необходимых для их реализации. Процесс оценки должен осуществляться на основе целей и являться неотъемлемой частью последующего анализа потребностей для планирования будущих программ. Такой процесс можно реализовать в четыре этапа: оценка внешних условий организации [2] и сотрудников, затем проводится планирование, в том числе для постановки целей; на третьем этапе осуществляется выбор необходимых стратегий и мероприятий, основанных на кадровом обеспечении, выполнении программы, компенсации работникам и трудовых отношениях; на четвертом этапе (заключительном) оцениваются результаты [3].

Развитие карьеры имеет большое значение, поскольку позволяет:

1. Значительно повысить продуктивность и эффективность личности в ее профессиональной, руководящей роли, а также роли исследователя в рамках национального и институционального развития.

2. Согласовать потребности в обучении с типом образования, которое предполагается получить, и учебной программой в сочетании с системами оценки, качества и последипломного образования.

3. Направлять рост международной конкурентоспособности национальных людских ресурсов.

4. Создать многопрофильные центры высокого уровня по производству технологий во всех отраслях производственной и человеческой деятельности, финансируемые как государственным, так и частным капиталом.

5. Разработать проект развития преподавательского состава на национальном уровне с целью интеграции опыта и достижений в этой области с общей стратегией.

Таким образом, необходимо сформировать начальную стратегию развития университетской педагогики и обучения в области междисциплинарных знаний, преподаваемых в образовательной организации.

Список используемых источников:

1. Воронцова, Ю.В., Федотова, М.А. Формирование концепции управления стоимостью человеческих ресурсов // Московский экономический журнал, 2020, №6. С. 77

2. Воронцова, Ю.В., Баранов, В.Н., Баранова, С.В. Искусственный интеллект как фетиш современности // Актуальные направления повышения доходности социальных и бизнес-проектов-2021: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием / ГУУ. — М., 2021. С. 5–7.

3. Zelentsova, L., Shalamova, N., Akopyan, A. The development of creative organization potential in the context of intelligent production // WISDOM — Special Issue 1(2), Philosophical Issues of Economics, 2022. pp. 186–192.

Создание экосистемы карьерного роста: стратегии привлечения, удержания и развития талантов

Барсегян Л.Б., Бессуднова А.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Чекан А.А.

Государственный университет просвещения, Москва

В современном бизнес-мире, где конкуренция становится все более ожесточенной, создание эффективной экосистемы карьерного роста становится ключевым фактором для успешного развития компании. Важность создания такой экосистемы не может быть недооценена. Она обеспечивает компании конкурентное преимущество на рынке труда, позволяя привлекать высококвалифицированных специалистов, удерживать их и развивать внутри организации. Кроме того, экосистема карьерного роста способствует формированию мотивированной команды, способной достигать поставленных целей и обеспечивать устойчивый рост и развитие компании в долгосрочной перспективе.

Привлечение талантов играет решающую роль в формировании успешной команды и обеспечении конкурентоспособности компании на рынке труда. В этой части статьи мы рассмотрим ключевые стратегии привлечения талантов [4, с. 51]:

1. Эффективное привлечение талантов начинается с создания привлекательного пакета предложений, который включает в себя не только конкурентную заработную плату, но и дополнительные льготы и бонусы, такие как гибкий график работы, программы обучения и развития, страхование здоровья, корпоративные мероприятия и другие привилегии. Важно подходить к этому вопросу индивидуально, учитывая потребности и ожидания потенциальных кандидатов.

2. Для успешного привлечения талантов необходимо использовать разнообразные каналы поиска, включая онлайн-платформы для поиска работы, профессиональные социальные сети,

рекрутинговые агентства, университетские программы, профессиональные конференции и ярмарки вакансий. Это позволяет привлекать кандидатов разного профиля и опыта работы, обеспечивая более широкий выбор для компании.

3. Создание инклюзивной среды и поддержка многообразия являются ключевыми факторами для привлечения разнообразного персонала. Разработка и продвижение политики равных возможностей, включение многообразия в корпоративные ценности и культуру, а также активное привлечение кандидатов из различных социокультурных и профессиональных групп способствуют созданию привлекательной и динамичной рабочей среды, в которой каждый чувствует себя принятым и ценным членом команды.

Для удержания талантов необходимо создание благоприятной рабочей атмосферы и корпоративной культуры. Нужно создать такую атмосферу, в которой каждый сотрудник будет чувствовать себя комфортно и будет понимать, что его уважают. Также удержанию талантов способствует проведение регулярных опросов и обратной связи с сотрудниками, нужно для того, чтобы понять потребности и ожидания сотрудников. Это позволит выявить проблемы и улучшить условия труда, а также понять, что ценят и ожидают сотрудники от своего работодателя. Немаловажной составляющей удержания талантов является предоставление возможностей для профессионального и личностного развития [1, с. 165]. Оно может выражаться в виде обучения и тренингов, участия в проектах и инициативах, менторинга и развитии карьерного плана.

Развитию талантов при создании экосистемы карьерного роста также необходимо уделить особое внимание, поскольку это очень важно как для самих сотрудников, так и в дальнейшем для организации. В рамках этого аспекта нужно осуществить ряд определенных мероприятий. Построение индивидуальных планов развития для каждого сотрудника. Это нужно для того, чтобы каждый сотрудник мог развиваться и достигать своих целей. Также для развития талантов сотрудников необходимо организовывать обучающие программы и тренинги, которые помогут им улучшить свои навыки и компетенции. Эти программы могут быть как внутренними, разработанными компанией, так и внешними, проводимыми специализированными тренинговыми центрами [2, с. 198]. Это поможет сотрудникам расширить свой кругозор, улучшить профессиональные навыки и повысить эффективность работы. Важными инструментами для развития талантов сотрудников являются также поддержка менторства и коучинга для помощи сотрудникам в реализации своего потенциала.

В заключении нашей статьи мы хотели бы подвести итог основным стратегиям привлечения, удержания и развития талантов, которые мы рассмотрели. Привлечение талантов — это первоначальный шаг к формированию успешной команды, и для его осуществления необходимо разработать привлекательный пакет предложений для кандидатов. Удержание талантов включает в себя создание условий для роста и развития сотрудников, обеспечение приятной рабочей атмосферы и поддержка баланса между работой и личной жизнью. Развитие талантов заключается в инвестировании в обучение и развитие сотрудников, создании программ менторства и коучинга, а также в создании условий для их карьерного роста внутри организации [3, с. 48].

В целом, создание экосистемы карьерного роста требует комплексного подхода и систематической работы по привлечению, удержанию и развитию талантов внутри организации. Только такая стратегия позволит компании создать сильную и конкурентоспособную команду, способную достигать поставленных целей и обеспечивать устойчивый рост и развитие в долгосрочной перспективе.

Список используемых источников:

1. Анисимов А. Ю. Управление персоналом организации: учебник для вузов / А. Ю. Анисимов, О. А. Пятаева, Е. П. Грабская. — Москва: Издательство Юрайт, 2024. — 278 с.
2. Базаров Т. Ю. Психология управления персоналом: учебник для вузов / Т. Ю. Базаров. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2024. — 386 с.
3. Шнейдер, Л. Б. Психология карьеры : учебник и практикум для вузов / Л. Б. Шнейдер, З. С. Акбиева, О. П. Цариценцева. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 187 с.

4. Управление персоналом : учебник и практикум для вузов / А. А. Литвинюк [и др.] ; под редакцией А. А. Литвинюка. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 461 с.

Особенности адаптации персонала на предприятии (на примере Казанского авиационного завода им. С.П. Горбунова)

Бежан А.А.

Научный руководитель — Денисов А.М.

РТУ МИРЭА, Москва

Одним из крупнейших авиастроительных предприятий в Российской Федерации является Казанский авиационный завод им. С.П. Горбунова — филиал ПАО «ТУПОЛЕВ». Предприятие на данный момент специализируется на выпуске самолётов специального назначения, а также модернизации стратегической авиации. Основная продукция организации включает в себя узлы и агрегаты для самолётов, такие как двигатели, электронные системы и другие комплектующие. Крупные предприятия требуют, не только большой работы, но и достаточное количество персонала, которое нуждается в: адаптации, обучения, повышение квалификации [1].

Работа на новом месте может вызывать стресс у сотрудника, потому что человек находится в незнакомой обстановке и окружении. Для каждого адаптация проходит индивидуально. В случае успешной адаптации, сотрудники остаются на предприятии. Они быстрее осваиваются на рабочих местах, что увеличивает их производительность и вклад в развитие организации. Однако, если у сотрудника возникают трудности в адаптации, то это приводит к тому, что он покидает компанию. Поэтому профессиональная адаптация персонала очень важна для будущих сотрудников и организации [2].

Адаптация на Казанском авиационном заводе им С.П. Горбунова проходит в несколько этапов.

На первом этапе завод обеспечивает необходимым оборудованием и материалом, а также проводит инструктаж о технике безопасности и правилах рабочего процесса.

Второй этап — ориентирование. Наставники проводят вводно-ознакомительные занятия, а также предоставляют адаптационный план, чтобы сотрудник мог ознакомиться с планом работы и своими обязанностями.

На третьем этапе адаптант погружается в рабочий процесс и проходит адаптацию в подразделении. Чтобы быстрее влиться в работу, на предприятии развита практика наставничества. На данный момент примерно 30 наставников помогают будущим специалистам адаптироваться на новом рабочем месте.

Четвертый этап состоит из оценки результатов и рекомендаций. Они могут в будущем помочь специалистам, которые не прошли успешно адаптацию на предприятии. После каждого этапа проводят обратную связь, для оценки текущей ситуации по адаптации.

Стоит отметить, что на заводе есть учебно-производственный центр, который предоставляет возможность для обучения, повышение квалификации для действующего персонала, а также прохождение производственной практики для студентов.

Таким образом, можно сделать вывод, что адаптация персонала на Казанском авиационном заводе имени С.П. Горбунова выстроена эффективно. Созданы все условия для скорейшей адаптации сотрудников на предприятии.

Список используемых источников:

1. Казанский авиационный завод имени С. П. Горбунова — филиал ПАО «Туполев» — [Электронный ресурс] / Официальный сайт — Режим доступа: <https://www.tupolev.ru/>

2. Панина А. В. Адаптация персонала в современной организации — [Электронный ресурс] / Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования, выпуск №5, 2015 год, 51-56 с. — Режим доступа: <https://elibrary.ru/contents.asp?id=34189380>

Планирование численности персонала на предприятии

Васильева С.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Мишанова В.Г.

Ступинский филиал МАИ, Ступино

Планирование численности персонала предприятия издавна приобрело свое значение, поскольку данный процесс выступает в качестве связующего звена между кадровой политикой и стратегией управления персоналом с реальным процессом кадрового менеджмента.

Данное исследование актуально, так как существуют основные проблемы в кадровом планировании, включающие определение оптимального количества и качества персонала, источников его набора и пополнения, а также планирование расходов на персонал.

Цель исследования — оптимизация численности персонала предприятия на примере АО «НПП «Аэросила».

Объектом исследования выступает деятельность АО «НПП «Аэросила».

Предметом исследования является система планирования численности персонала на предприятии.

Изучив состав и структуру предприятия, можно сделать следующие выводы, что в АО «НПП «Аэросила» численность персонала растет. Уровень образования также увеличивается, что является очень хорошим показателем, так как работники становятся высококвалифицированными специалистами. Можно заметить, что на предприятии преобладает возраст от 40 и выше, т.е. персонал опытный и зрелый. Также численность мужчин в 2 раза больше, чем женщин, это все обусловлено видом деятельности предприятия.

Из-за военной операции, которая началась в феврале 2022 года, производственная программа увеличилась, а вместе с этим появились «узкие» места:

- Нехватка персонала в части инженерно-технических и производственных должностей;
- Низкий размер заработной платы.

Именно поэтому необходимо мероприятие по увеличению заработной платы инженерно-техническим и производственным работникам.

Средняя зарплата инженерно-технического работника составляет 45 тыс. руб., а производственного — 40 тыс. руб. На авиационно-техническом комплексе ЗАО «Авиакомпания «Ангара» средняя зарплата выше на 10 тыс. руб., также комплекс находится в Иркутске, где прожиточный минимум меньше, чем у нас. Для нашей области зарплата 40–45 тыс. руб. считается маленькой, поэтому предлагается поднять ее на 20 тыс. руб.

Учитывая возрастающую значимость предприятия АО «НПП «Аэросила» в условиях военной обстановки, и повышенное количество государственных заказов, можно уверенно полагать, что предприятие имеет возможность выделения еще больших средств на набор, мотивацию и стимулирование персонала.

В заключение следует отметить, что выше предложенное мероприятие следует принять во внимание, так как в дальнейшем оно окупится. Важно отметить, что для эффективного кадрового планирования необходимо постоянно корректировать его в соответствии с изменениями внешней среды, потребностями персонала, целями и задачами организации, что в свою очередь влияет на состав и структуру персонала предприятия.

Список используемых источников:

1. Горелов Н. А. Управление человеческими ресурсами: современный подход: учебник и практикум для вузов / Н. А. Горелов, Д. В. Круглов, О. Н. Мельников ; под редакцией Н. А. Горелова. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 270 с.
2. Маленков Ю.А. Стратегический менеджмент: учебник. — Москва: ТКВелби, Изд-во Проспект, 2021. — 524 с.

Особенности выбора компании при трудоустройстве молодых людей

Волчков С.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Федотова М.А.

МАИ, Москва

При выборе компании для трудоустройства молодые люди обращают внимание на ряд особенностей, которые могут существенно повлиять на их решение.

Важным фактором является репутация компании на рынке труда. Молодые специалисты стараются выбирать организации с хорошей репутацией, где они могли бы реализовать свой потенциал и развиваться профессионально.

Также значимыми критериями при выборе места работы являются условия труда и возможности для карьерного роста. Молодые люди оценивают уровень заработной платы, бонусы, гибкий график работы, возможность обучения и повышения квалификации, а также перспективы продвижения по карьерной лестнице.

Для многих молодых специалистов важными являются также ценности компании и ее социальная ответственность. Они оценивают, насколько организация заботится о своих сотрудниках, окружающей среде, участвует ли в благотворительных проектах и социальных программах.

Еще одним важным аспектом при выборе работы для молодежи является корпоративная культура компании. Отношения с коллегами, возможность работы в команде, уровень коммуникации в организации — все это влияет на решение о присоединении к определенному коллективу.

Дополнительным важным аспектом, который молодые люди учитывают при выборе компании для трудоустройства, является возможность работы с новыми технологиями и инновациями. Современным специалистам важно быть в курсе последних тенденций в своей отрасли, поэтому возможность обучения и работа с передовыми технологиями становится значимым критерием при выборе работодателя. Компании, инвестирующие в обучение своих сотрудников и активно внедряющие новейшие разработки, привлекают внимание молодых специалистов, готовых развиваться и расти профессионально вместе с компанией.

Таким образом, выбор компании для работы для молодых людей — это комплексный процесс, включающий в себя не только финансовые аспекты, но и соответствие ценностям, условиям труда и возможностям развития, которые компания может предложить своим сотрудникам.

Анализ влияния удалённой работы на эффективность адаптации персонала

Грак Л.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Тихонов А.И.

МАИ, Москва

Адаптация персонала является важным этапом в жизни сотрудника в организации. Этот процесс включает в себя ряд ключевых аспектов и методов, которые помогают новым сотрудникам успешно интегрироваться в коллектив, а также повышают их производительность и удовлетворенность работой. Адаптация прежде всего связана с очным видом работности, но это также затрагивает и заочную форму.

Современный мир труда все больше переходит к удаленной работе, которая становится неотъемлемой частью организационной культуры во многих компаниях. Этот формат работы предоставляет сотрудникам гибкость, но также представляет определенные вызовы как для самих работников, так и для работодателей. Данный переход вызван различными факторами, включая такие как: технологический прогресс, изменения в обществе и требования современного рынка труда. Однако, удаленная работа стала наиболее актуальна после периода пандемии, начавшейся в 2019 году (COVID-19), что позволило многим людям впервые познакомиться с таким видом деятельности. По сей день удаленная работа становится все более актуальной и востребованной формой организации труда, которая способна приносить пользу как компаниям, так и сотрудникам. Однако у такого вида деятельности имеются свои

минусы и эта работа будет также сильно влиять на эффективность непосредственно самого предприятия. И чтобы эта эффективность оказывала положительное влияние существуют определённые методы поддержки и специальная стратегия, которые помогут организации частично избежать проблем.

Список используемых источников:

1. Семина А.П. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕПЦИИ WELLBEING НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДАЛЕННОЙ КОМАНДЫ // Московский экономический журнал. — 2022. — №2. — С. 64.

2. Кербер Л.С., Тихонов А.И. ПРИМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ROI ПРИ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОРПОРАТИВНЫХ HR-ПРОГРАММ // Московский экономический журнал. — 2022. — №12

Современная модель командообразования

Димитрова С.М.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Краев В.М.

МАИ, Москва

Командообразование играет очень большую роль не только внутри организации, но и в любой другой сфере. Актуальность данного вопроса заключается в том, что именно от хорошо организованной и слаженной команды зависит эффективность ее работы и результативность самого предприятия. Поэтому важным вопросом является модель формирования эффективной, дружной, развивающейся и стремящейся к достижению общей цели команды.

Чтобы понимать, что из себя представляет командная работа в принципе, необходимо разобраться в уже существующих моделях формирования команд, а также провести их анализ и выявить уязвимые места.

В статье более подробно представлен анализ следующих моделей командообразования: Брюса Такмана (FSNPA) [1], Патрика Ленсиони [2], Рэймонда Белбина [3], при этом были выявлены их достоинства и недостатки.

Также в статье предложена новая модель командообразования, основывающаяся на психологическом подходе и методе опросных оценок каждого кандидата других незнакомых ему людей, так как при формировании новой команды значительную роль играет психологическая совместимость её участников, наряду с профессиональными качествами и опытом.

Необходимым условием для формирования успешной, долгосрочной и эффективной команды будет являться психологическая совместимость её участников. Тем самым команда будет слаженной, менее конфликтной и постоянно развивающейся. Основным преимуществом модели психологической совместимости будет «работа на опережение», а именно, подбор в команду только тех людей, которые нам нужны, то есть уже на начальном этапе отсеиваются люди, которые не подходят под установленные критерии модели.

Список используемых источников:

1. <https://www.ispring.ru/elearning-insights/model-takmana-razvitie-komandy>

2. Ленсиони П. Пять пороков команды: бизнес-роман / перевод с английского И. Э. Коротенко. — 5-е изд. — Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2019. — 249 с.

3. Белбин Р.М. «Типы ролей в командах менеджеров». Пер.с англ.М.: НРРО, 2003, — 232 с.

Анализ влияния монотонности на работу специалиста в отрасли

Иванова В.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Тихонов А.И.

МАИ, Москва

Монотонность труда появилась вместе с развитием научно-технического прогресса. Если раньше один квалифицированный мастер собирал сложный механизм, то с появлением конвейера сложное действие разделили на много простых, которые могли выполнять менее квалифицированные рабочие. В XXI веке монотония уверенно утвердилась не только в работе, но и во многих сферах нашей жизни, которые в дальнейшем влияют на специалиста. Например, учеба в школе и подгонка всех под единый стандарт ЕГЭ, в институте этот градус

сбавляется, но появляются куча работ с большими объёмами данных, документами, таблицами и графиками, что переносится на рабочие будни, стереотипные и однообразные движения, так называемый «день сурка» — это все становится причиной хронического переутомления и массового эмоционального выгорания.

Важно различать монотонность как объективное свойство самой работы и как субъективное восприятие сотрудниками. Повторяющиеся задачи по специфике работы и ощущение рутины, различны в своем понимании. Первое, является механизмом работы, на которую человек идет целенаправленно, а второе, может приводить к ухудшению качества работы, уменьшению скорости выполнения задач и снижению общей эффективности. Кроме того, монотонность может негативно сказываться на мотивации сотрудников, вызывая чувство усталости, разочарования и отсутствия интереса к работе. Это объясняет выдающийся русский физиолог Иван Павлов: «длительное воздействие раздражителя на клетки мозга приводит к их быстрому истощению и развитию запредельного торможения. Однако при сенсорной монотонии раздражителя нет, но есть длительное пассивное наблюдение с напряжением, которое тоже приводит к специфическому утомлению. Это говорит о более сложном механизме образования монотонии». Для того, чтобы монотонность не сказывалась на эффективности компании или производства, нужно внедрять различные техники, которые мы рассмотрим.

В данном докладе мы, первым шагом определим понятия монотонности и выявим его основные характеристики, проведем анализ влияния монотонности на работу специалистов в конкретной отрасли, выявим факторы, обуславливающие монотонность, и рассмотрим возможные стратегии управления для повышения эффективности и качества работы. В завершении, мы рассмотрим различные стратегии управления монотонностью, которые могут быть применены для улучшения ситуации в отрасли. Понимание того, что может вызывать монотонность, и применение эффективных стратегий управления позволит повысить мотивацию и производительность сотрудников, улучшить качество работы и обеспечить успешное развитие отрасли в целом.

Список используемых источников:

1. Семина А.П. ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ: SMM В HR // Дискуссия. — 2020. — №1(98). — С. 62–68.
2. Семина А.П. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ // Вестник академии знаний. — 2020. — №36(1). — С. 216–220.

О некоторых аспектах подготовки студентов в отряд космонавтов

Ивашко Г.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Дедус Ф.Ф.

МАИ, Москва

На данный момент процесс отбора кандидатов в отряд космонавтов специфичен по причине высоких требований, предъявляемых к кандидату. Например, в Роскосмосе на одно место в отряде космонавтов приходится сотни заявок, и только небольшое количество кандидатов проходят все этапы отбора.

Средний возраст космонавтов в момент первого полета составляет около 34–35 лет, что свидетельствует об увеличении шансов попасть в отряд космонавтов для претендентов, начавших подготовку на ранних стадиях (2–3 курс университета).

Кроме того, статистика показывает, что успешные космические миссии чаще всего выполняются командами, где каждый член экипажа обладает собственной специализацией, предполагающей наличие опыта, знаний и уникальных навыков. Поэтому командная подготовка и тренировки на симуляторах играют важную роль в подготовке студентов к работе в космосе.

Подготовка претендентов в отряд космонавтов представляет собой многосторонний процесс, включающий различные аспекты. Одним из ключевых элементов является проведение комплексных тестирований, направленных на выявление физической подготовки, психологической состоятельности и профессиональной пригодности участников конкурса.

Участники должны проходить испытания по различным критериям, таким как способности к изучению космической техники и операторской деятельности.

Также важным аспектом является наличие критического опыта участия претендента в работах, связанных с экстремальными условиями обитания, таких как полеты на различных летательных аппаратах, прыжки с парашютом, знание видов космических орбит и другие аспекты, связанные с космонавтикой.

Для успешного прохождения отбора необходимо соответствие кандидата требованиям психологической подготовки. Проводится анализ биологически устойчивых психофизиологических параметров, особенностей индивидуальных психических процессов и свойств у претендентов.

Для организации эффективного процесса подготовки студентов в отряд космонавтов на данный момент происходит создание цифровой платформы. Основными направлениями работы будут:

Фундаментальные знания — данный модуль в подготовке претендентов в отряд космонавтов предназначен для обучения будущих космонавтов основам физики, астрономии, математики и других естественнонаучных дисциплин.

Медицина — будущие космонавты обучаются базовым медицинским навыкам, а также изучают особенности функционирования организма в невесомости, принципы лечения и профилактики космических заболеваний и травм.

Физическая подготовка — важным компонентом этого модуля является обучение будущих космонавтов специальным комплексам физических упражнений и регулярное тестирование физических показателей.

Психологическая подготовка — модуль психологической подготовки включает в себя тренинги и практические занятия, направленные на развитие у космонавтов ментальной устойчивости, стрессоустойчивости, командной работы и принятия правильных решений в экстремальных ситуациях.

Профессиональная пригодность — в этом модуле участники отряда проходят обучение эксплуатации и обслуживанию космических аппаратов и систем, а также изучают основы работы внекорабельных средств, таких как скафандры и роботы. Кроме того, особое внимание уделяется подготовке космонавтов к проведению экспериментов и научных исследований в условиях космоса.

Исследования показывают, что для поступления в отряд космонавтов должна осуществляться комплексная подготовка, с учётом сочетания в себе аспектов профессиональной, психологической и физической подготовки. Этот процесс требует высокой дисциплины и стремления к самосовершенствованию.

Список используемых источников:

1. Приказ Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» от 31 августа 2023 г. № 306 «Об утверждении порядка отбора граждан Российской Федерации в кандидаты в космонавты для подготовки и осуществления космических полетов»

2. Отбор в отряд космонавтов в Российской Федерации / Б. И. Крючков, А. А. Курицын, М. М. Харламов, К. Б. Кузнецов // Идеи К.Э. Циолковского в контексте современного развития науки и техники : Материалы 53-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского, Калуга, 18–19 сентября 2018 года. — Калуга: Издательство АКФ «Политоп», 2018. — С. 366–367.

3. Закон Российской Федерации «О космической деятельности» от 20.08.1993 № 147–ФЗ.

4. Крючков Б.И. Отбор космонавтов для многоэтапных многоместных ПКА // Сборник тезисов шестой Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос». Звездный городок, 2005.

Инновации в управлении человеческими ресурсами: преимущества и вызовы в эпоху цифровой экономики

Кербер Л.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Тихонов А.И.

МАИ, Москва

Управление человеческими ресурсами является критической функцией для любой организации. Этот факт вызван как приоритетом человеческого фактора в экономике знаний, так и изменением сущности и содержания труда в условиях цифровой экономики. В этом контексте актуальнее становится проблема инноваций в области управления персоналом.

Основной акцент в этой сфере делается на влиянии инновационной деятельности на конкурентные преимущества компании. Необходимо отметить, что наличие инноваций в управлении персоналом позволяет формировать и развивать систему управленческих решений, направленных на оптимизацию взаимодействия работников и улучшения эффективности их труда.

Существуют различные виды инноваций в управлении человеческими ресурсами, включающие организационные и технологические новшества, новые методы мотивации и оценки, использование современных информационных систем и технологий.

Организационные новшества в управлении человеческими ресурсами чаще всего проявляются в изменении структуры управления, пересмотре функций и должностных обязанностей. Это включает в себя внедрение новых методов рекрутинга, карьерного роста, оценки результативности, системы мотивации.

Технологические новшества, в свою очередь, значительно оптимизируют процесс управления персоналом. Это включает в себя внедрение автоматизированных систем управления HRM, использование AI в подборе и оценке персонала, внедрение решений на основе больших данных и машинного обучения.

Совершенно ясно, что использование инноваций в управлении человеческими ресурсами имеет целый ряд преимуществ. Это повышение качества человеческого капитала сотрудников, повышение производительности их труда, возможность адаптации к новым условиям бизнес-среды, повышение уровня лояльности сотрудников.

Однако нельзя забывать о существующих ограничениях и препятствиях при внедрении подобного типа инноваций. Они связаны как с внешним окружением организации (уровень развития ее информационной инфраструктуры, наличие квалифицированных сотрудников), так и с внутренними факторами (уровень корпоративной культуры, степень готовности персонала к изменениям).

В заключение хотелось бы отметить, что успешное управление человеческими ресурсами невозможно без внедрения инноваций. На сегодняшний день это является ключом к формированию конкурентных преимуществ и долгосрочного успеха любой современной организации. Все это подчеркивает актуальность изучения и развития данной проблематики.

Список используемых источников:

1. Кербер Л.С., Тихонов А.И. Инновации в управлении человеческими ресурсами: виды, преимущества, ограничения. Управленческий учет. 2023. № 9.

Проблема дефицита кадров как фактор развития цифровизации экономики

Корсакова М.П.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Лавров М.Н.

Государственный университет просвещения, Москва

В 2023 году одной из главных проблем, которую отмечали большинство исследований рынка труда, стал устойчивый дефицит кадров. На это повлияло множество факторов, в том числе: последствия негативных демографических трендов, рекордно низкие показатели безработицы (3,6% по данным Росстата), падение миграционного притока из-за последствий пандемии и резкого ослабления курса национальной валюты, значительный отток релокантов, а также несколько сот тысяч высвободившихся рабочих мест из-за частичной мобилизации. В

результате сформировалась проблема, которую отмечали Президент, главы Минэкономразвития, Минтруда и Минпромторга, а глава Банка России охарактеризовала данную проблему как ключевую с точки зрения факторов риска для обеспечения экономического роста [1].

Привычная ситуация избытка работников, конкурирующих за право быть нанятым, сменилась «кадровым голодом», то есть ситуацией, при которой на рынке отсутствуют соискатели работы, чьи профессиональные навыки соответствуют ожиданиям работодателя для заполнения вакансий [3]. Соответственно, отечественным организациям пришлось более активно использовать технологии управления персоналом, призванные компенсировать дефицит специалистов. В числе таких решений традиционно входят: развитие программ переобучения персонала, расширение практики совмещения должностных обязанностей, передача части функционала менее опытным работникам, расширение практики аутсорсинга части функций и использование моделей заемного труда, расширение географии поиска персонала путем использования моделей дистанционной занятости, смягчение требований к работникам, усиление кадровой этики руководителей, акцент на стимулировании карьерного роста молодых специалистов путем создания кадрового резерва организации, инвестиции в повышение лояльности персонала и др. [2].

Вместе с тем, анализ негативных факторов развития рынка труда в сочетании с существующими задачами государственной политики по обеспечению импортозамещения, развития новых производств, достижения задач технологического суверенитета и внедрения технологий индустрии 4.0 позволяет спрогнозировать всё большее использование технических решений для ликвидации потребности в персонале. Данный тренд в принципе был особо заметен со времени начала пандемии, когда предприниматели активно стали интересоваться достижениями роботизации как альтернативы работникам, вынужденным соблюдать локдаун. В настоящее же время происходит, с одной стороны, создание всё новых инструментов цифровизации сферы управления персоналом (генеративные нейросети, системы работы с большими данными, кибер-физические системы и др.), а другой — доступность таких цифровых сервисов резко возросла. Ещё одним фактором в пользу решения проблемы дефицита кадров путем расширения цифровой трансформации предприятий, является то, что по темпам, например, роботизации, Россия значительно отставала не только от мировых лидеров, но и от среднемировых показателей, а значит, отечественный бизнес может воспользоваться положительными моментами модели догоняющего развития, выбирая и внедряя наиболее эффективные практики из уже апробированных на рынке.

Список используемых источников:

1. Кадровый голод и рост зарплат: как поменялся рынок труда и что его ждет [Электронный ресурс]: статья. — Дата обращения: 29.02.2024 — Режим доступа: <https://www.rbc.ru/economics/05/01/2024/6589738d9a794798dc106898?ysclid=lt773bg4ne420720285&from=copy>
2. Мортиков В.В. Управление персоналом в условиях дефицита кадров // Вопросы управления, 2022, №1 (74)
3. Останин Т.В., Лысенко Е.В. Обоснование концептуального подхода к решению проблемы кадрового голода // [Электронный ресурс]: статья. — Дата обращения: 29.02.2024 — Режим доступа: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/122030/1/978-5-91256-577-9_2022_031.pdf?ysclid=lt771d1hid408735337
4. Суrowая реальность HR-2023: дефицит кадров как новый вызов [Электронный ресурс]: статья. — Дата обращения: 29.02.2024 — Режим доступа: <https://hr-elearning.ru/surovaya-realnost-hr-2023-deficit-kadrov/?ysclid=lt773zlfq977799380>

Анализ использования искусственного интеллекта в работе специалиста по управлению персоналом

Литвинов А.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Тихонов А.И.

МАИ, Москва

В наше время ИИ становится более популярным среди всех сфер в нашей жизни, и не обошлось в области управления персоналом. Специалисты по управлению персоналом используют ИИ для автоматизации и оптимизации многих аспектов своей работы. Одним из основных способов использования ИИ в управлении персоналом является анализ данных. ИИ может просматривать огромные объемы информации о сотрудниках организации и выявлять закономерности, тренды и проблемы. Например, он может помочь выявить наиболее эффективных сотрудников, выявить причины высокой текучести кадров или предсказать потенциальные конфликты в команде.

Другим способом использования ИИ является автоматизация рутины в управлении персоналом. Например, ИИ может помочь в подборе кандидатов для вакансий, проведении собеседований, адаптации новых сотрудников, оценке эффективности работы и развитии сотрудников. Это позволяет экономить время специалистам по управлению персоналом и повысить качество и количество принимаемых решений.

Также ИИ может быть использован для прогнозирования потребностей в персонале в будущем на основе данных о текущей ситуации в компании, тенденциях на рынке труда, изменениях в бизнес-стратегии и других факторах. Это помогает специалистам по управлению персоналом разрабатывать более эффективные стратегии найма, развития и удержания персонала.

Однако, необходимо знать то, что ИИ может иметь некоторые ограничения, недостатки, давать не верную информацию, которую ИИ может выдумать сам, недостаточная точность анализа данных, недостаточная объективность алгоритмов, проблемы конфиденциальности информации и другие. Поэтому специалисты по управлению персоналом должны быть внимательны при использовании ИИ и всегда принимать во внимание контекст и специфику своей деятельности, ведь ИИ это машина и у нее может быть сбой.

Список используемых источников:

1. Тихонов А.И., Сазонов А.А., Кузьмина-Мерлин И. ЦИФРОВОЕ ПРОИЗВОДСТВО И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В АВИАСТРОЕНИИ // СТИН. — 2022. — №2. — С. 38–43.

2. Кербер Л.С., Тихонов А.И. ИННОВАЦИИ В УПРАВЛЕНИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ: ВИДЫ, ПРЕИМУЩЕСТВА, ОГРАНИЧЕНИЯ // Управленческий учет. — 2023. — №9. — С. 59–65.

Влияние кадрового голода на предприятия аэрокосмического комплекса и пути обеспечения кадрового суверенитета

Матвеев И.А., Тараканова Я.Д.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Лифановская О.В.

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Russia/Moscow

В непростой обстановке, сформировавшейся в данный момент в России остро стоит вопрос создания кадрового суверенитета во всех сферах деятельности Российской Федерации. Особенно остро стоит обеспечение кадрового суверенитета в сфере аэрокосмического комплекса. Решение этой проблемы необходимо, особенно в рамках национального проекта по развитию космической сферы, необходимо разработать мероприятия по формированию мощной и суверенной отечественной космической индустрии. В данный момент угроза кадрового голода является сильным сдерживающим фактором развития данной отрасли, поэтому исследования по влиянию кадрового голода как никогда актуальны.

В данный момент присутствует довольно широкий спектр факторов, из-за которых кадровый голод в аэрокосмической сфере случился и продолжает развиваться. Среди данных

факторов основными являются миграция рабочей силы в поисках наиболее выгодных условий работы и отсутствие системы подготовки достаточного количества кадров, имеющих необходимые компетенции, а также банального отсутствия необходимого количества людей в стране, которое вызвано демографическими ямами.

Необходимость обеспечения кадрового и как следствие технологического суверенитета в аэрокосмической сфере необходима для разработки и поддержания новых технологий в данной сфере, так как в последние годы на примере различных иностранных разработок и технологий было выявлена польза и необходимость активного развития данной сферы не только для целей научного предназначения, но также и для обеспечения оборонной безопасности Российской Федерации. В связи с этим необходимо искать пути решения образовавшегося кадрового голода в аэрокосмической среде. Среди данных путей решения есть пути решения, которые основываются как на создании кадров целенаправленно для аэрокосмической сферы, так и на решение кадровой проблемы в целом.

В случае отсутствия кадрового суверенитета в данной сфере, последствия могут быть далеко не самыми приятными, с точки зрения обеспечения Национальной Безопасности Российской Федерации. Самый благоприятный вариант — приглашение иностранных специалистов на должности, предполагающую наличие грифа секретности, а также переплата данному специалисту. В худшем случае — из-за отсутствия необходимых кадров отсутствие конкурентных разработок в данной сфере и угроза обеспечения национальной безопасности.

Пути решения для создания кадров непосредственно в аэрокосмическую сферу могут быть совершенно разными: создание целевых программ в технических университетах, для воспитания кадров сразу на определенное место в сфере, создание программ переподготовки персонала. Так же необходимо отметить, что помимо создания необходимых кадров, крайне важным является аспект создания благоприятных условий работы, чтобы готовые кадры не выбирали иную работу, с более конкурентными условиями.

Список используемых источников:

1. Кондратьев, Н. И. Как утолить кадровый голод? / Н. И. Кондратьев, А. С. Романова // Аккредитация в образовании. — 2013. — № 3(63). — С. 73. — EDN RTVQWT.

2. Останин, Т. В. ОСНОВАНИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПОДХОДА К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ КАДРОВОГО ГОЛОДА / Т. В. Останин. — Текст : электронный // elar.urfu : [сайт]. — URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/122030/1/978-5-91256-577-9_2022_031.pdf (дата обращения: 20.02.2024).

3. Филатов, В. В. Особенности современного этапа развития аэрокосмической промышленности и новые требования в подготовке специалистов / В. В. Филатов. — Текст : электронный // cyberleninka : [сайт]. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-sovremenno-go-etapa-razvitiya-aerokosmicheskoy-promyshlennosti-i-novye-trebovaniya-v-podgotovke-spetsialistov> (дата обращения: 20.02.2024).

Специфика привлечения персонала организации (на примере Казанского авиационного завода им.С.П. Горбунова)

Овчарик А.Д.

Научный руководитель — Денисов А.М.

РТУ МИРЭА, Москва

В условиях рыночной экономики каждая организация стремится найти высококвалифицированных специалистов. Казанский авиационный завод им. С.П. Горбунова не является исключением. Данное предприятие считается одним из крупнейших самолетостроительных предприятий страны, которое специализируется на выпуске военной авиационной техники.

На данный момент в Республике Татарстан сильная конкуренция между заводами, каждое предприятие стремится привлечь как можно больше сотрудников для поддержания эффективной работы производственного процесса. Казанский авиационный завод им. С.П. Горбунова предоставляет своим сотрудникам социальный пакет:

1) «Жилищная программа» (предоставление мужских общежитий, арендное жильё, строительство домов для сотрудников, компенсацию за наём жилья, компенсацию процентов по ипотечным договорам, завод участвует в Республиканской программе «Социальная ипотека»)

2) Материальная помощь: компенсация расходов за питание, выплаты демобилизованным, выплаты при трудных жизненных ситуациях, за вступление в брак, рождение ребёнка, ежемесячная компенсация расходов за посещение детьми детских садов, компенсации затрат на покупку путевок в детские оздоровительные лагеря.

3) Здоровье сбережение: проведение флюорографических обследований, медицинских осмотров, дней донора, предоставление ДМС, предоставление путёвок в профилактории, пансионаты. На территории завода открыта поликлиника «Центравиамед», оказывающая услуги по 11 медицинским специальностям.

Одной из особенностей Казанского авиационного завода им. С.П. Горбунова является привлечение людей с ограниченными возможностями (глухонемые, немые, слабослышащие). Для этого на предприятии существует уникальный специалист — сурдопереводчик, который помогает адаптироваться таким сотрудникам, при возникновении проблем старается нормализовать работу и урегулировать возникающие конфликты.

Также предприятие уделяет внимание привлечению молодых специалистов. 30-го мая 2023 года между Казанским авиационным заводом им. С.П. Горбунова и Казанским национально-исследовательским техническим университетом был подписан договор о создании базовой кафедры "Самолетостроение". Это позволяет студентам уже на этапе обучения погрузиться в производственные процессы и приобрести практические знания и навыки. Предприятие сотрудничает со многими вузами, предоставляя им стажировки, это помогает заинтересовать ребят и способствует их будущему трудоустройству. Каждый год проводятся школьные олимпиады по физике имени В.А. Окулова. На базе предприятия действует несколько творческих объединений, поэтому каждый сотрудник имеет возможность реализовать свои таланты в той или иной сфере.

Благодаря всем перечисленным особенностям привлечения персонала Казанский авиационный завод им. С.П. Горбунова успешно привлекает новых работников в организацию.

Список используемых источников:

1. Ключевые факторы успеха компании. — [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.gd.ru/articles/9835-klyuchevye-factory-uspeha?ysclid=lpfs7hghp143895022> (дата обращения 20.11.2023)

2. Официальный сайт Казанского авиационного завода им. С.П. Горбунова. — [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://tupolev.ru/> (дата обращения 20.11.2023)

Влияние социально-психологических аспектов личности сотрудника на его эффективность в организации

Попова П.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Тихонов А.И.

МАИ, Москва

Сейчас психология является неотъемлемой частью жизни почти каждого человека. Помимо использования ее в повседневной жизни, ее можно применять и при работе с персоналом, дабы улучшить эффективность работоспособности.

В современной научной теории и практике не существует единого подхода к проблеме измерения эффективности работы персонала, так как трудовой процесс связан с производством и его конечными результатами, с социальной деятельностью общества, экономическим развитием и другое. Но современная оценка персонала ориентирована, в первую очередь, на психологию-на оценку личностных, а не сугубо профессиональных качеств, и предполагает оценку персонала, ориентированную на развитие компании.

Большинство из методик разрабатывались и использовались в клинической психологии, и лишь позднее стали использоваться на предприятиях для оценки персонала.

Вот несколько причин, почему изучение психологии важно для работы с персоналом:

1. Понимание поведения сотрудников: Изучение психологии помогает лучше понять мотивацию, потребности, интересы и поведение сотрудников. Это позволяет эффективнее управлять персоналом, предсказывать и решать конфликты, а также создавать условия для максимальной производительности.

2. Развитие коммуникационных навыков: Психология помогает развить навыки эмпатии, эффективного общения и управления конфликтами, что является ключевым аспектом работы с персоналом.

3. Создание здоровой рабочей среды: Понимание психологических аспектов помогает создать поддерживающую и стимулирующую рабочую среду, где сотрудники чувствуют себя комфортно, мотивированы и способны эффективно выполнять свои обязанности.

4. Управление изменениями: Психологические знания помогают управлять изменениями в организации, помогая сотрудникам принимать новые идеи и изменения более легко и продуктивно.

Благодаря знаниям о том, как устроен человек, как он мыслит, почему поступает именно так, а не иначе, можно выстроить работу определенным образом, чтобы не навредить людям, при этом улучшив эффективность работы сотрудников компании. Психология помогает проанализировать людей и ситуации, которые они создадут и принять их такими какие они есть.

Также психологию важно изучать не только людям, занимающим руководящие должности, но и отделу кадров. Понимание определенных особенностей конкретного сотрудника позволяет руководству выстраивать работу с условиями, подходящими именно ему.

Изучение психологии в работе с персоналом необходимо для создания здоровой и продуктивной рабочей среды, улучшения коммуникации и управления персоналом, а также для достижения высоких результатов в работе.

Список используемых источников:

1. Кербер Л.С., Тихонов А.И. ИННОВАЦИИ В УПРАВЛЕНИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ: ВИДЫ, ПРЕИМУЩЕСТВА, ОГРАНИЧЕНИЯ // Управленческий учет. — 2023. — №9. — С. 59–65.

2. Семина А.П. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕПЦИИ WELLBEING НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ УДАЛЕННОЙ КОМАНДЫ // Московский экономический журнал. — 2022. — №2. — С. 64.

Создание системы оценки профессионального уровня персонала на предприятиях аэрокосмического кластера

Пронина В.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Тихонов А.И.

МАИ, Москва

В свете масштабных изменений, которые претерпевает мировой порядок в течение последних лет, большинству компаний приходится приспосабливаться к новым условиям и зачастую корректировать подходы к ведению бизнеса. Ввиду дополнительно возникшей необходимости удаленной работы из-за стремительного развития технологий, некоторые предприятия оказались не готовы к такому формату, что повлекло за собой множество финансовых и структурных проблем. Все это обусловило потребность в разработке методики оценки профессионального уровня и конкурентоспособности сотрудников.

Сейчас практически все компании и высокотехнологичные предприятия, работающие на рынке, в своей деятельности сталкиваются с неизбежной проблемой усиления конкуренции. Под влиянием цифровых технологий, которые непрерывно влияют на работу многих предприятий авиационного кластера Госкорпорации Ростех (ПАО «Объединенная

авиастроительная корпорация», «Сухой», «Туполев», «Ильюшин» и др.), оценка конкурентоспособности на рынке продолжает существенно трансформироваться.

Сегодня именно конкурентоспособность компании и организации служат залогом экономической успешности, высокой прибыльности для собственников, благополучия для сотрудников и т. д. Именно такие компании способны предлагать клиентам оптимальные цены и условия; именно к ним идут наиболее опытные специалисты; именно им банки предлагают наиболее привлекательные условия кредитования и т. д. Оценка профессионального уровня сотрудников является значимым аспектом управления персоналом в условиях конкуренции предприятий. Она дает возможность определить уровень продуктивности сотрудников, выявить их сильные и слабые места, а также наметить векторы для дальнейшего развития.

Одним из способов оценки профессионального уровня сотрудника является использование критериев эффективности. Это набор показателей, отражающих степень выполнения сотрудником своих задач и достижения поставленных целей. Критерии эффективности могут значительно варьироваться в зависимости от занимаемой должности, сферы деятельности и компании. Они могут включать качество выполненной работы, объем произведенной продукции, скорость выполнения задач, степень удовлетворенности потребителей и многое другое. Несмотря на то, что цифровые инструменты оказывают влияние на большинство бизнес-процессов предприятий, стоит отметить, что сбор и анализ данных, а также формирование заключений осуществляется человеком, HR-специалистом компании. Большой объем информации, ее разнообразный характер, человеческий фактор и другие факторы могут привести к получению не вполне точных результатов. Все вышесказанное является веским аргументом в пользу создания и внедрения унифицированной системы оценки персонала и его профессиональной пригодности на рабочих местах, а также, позволяет руководителю оперативно оценивать профессиональные качества сотрудников, создавать для них благоприятные условия труда и повышать конкурентоспособность предприятия в экономической среде.

Список используемых источников:

1. Базилевич С.В. Управление конкурентоспособностью предприятия // ЦИТИСЭ. — 2021. — № 2 (28). — С. 473–489.
2. Яламова Э. Я. Оценка конкурентоспособности промышленного предприятия // Экономика и финансы. — 2020. — С. 96–100.
3. Пронина В.А., Тихонов А.И. Управление персоналом высокотехнологичных предприятий в условиях цифровой экономики. Московский экономический журнал. 2022. т. 7. № 7.

Формирование мотивационной модели на примере студентов университета МАИ

Сайгина Д.В.

Научный руководитель — Семина А.П.
МАИ, Москва

Возникновение мотивации студентов университета характеризуется одним из значимых аспектов эффективности обучения студентов, освоения материала. Мотивация провоцирует студентов на участие в разнообразных мероприятиях вуза, заниматься волонтерством, участвовать в научной деятельности и учиться, развиваться.

Существуют разные подходы к определению термина мотивация. Мы считаем, что мотивация — это побуждение к действию, психофизический механизм, который управляет поведением человека, задает его направление, организацию, деятельность.

В своем исследовании я решила проанализировать мотивацию к обучению студентов Московского Авиационного Института 1, 2 и 4 курсов. Целью моей работы является узнать, какие потребности имеют студенты МАИ для удовлетворения этих потребностей с целью повышения их заинтересованности в обучении. Задачами моего исследования являются:

анализ теории по теме мотивации персонала: теории мотивации, виды мотивации, подходы к термину мотивации; внедрение анкеты-опрос по мотивации студентов; формирование мотивационной модели; обнаружение проблем в мотивации студентов и поиск их предотвращения. Косвенная цель: формирование оптимально комфортных условий обучения, которые будут мотивировать студентов учиться и развиваться. Для осуществления исследования я создала модуль вопросов, которые мы задали студентам. На основании этого опроса я смогла сформировать мотивационную модель, обнаружить преимущества и недостатки в процессе обучения. Сформированная мотивационная модель включает в себя 4 блока: развитие, сплоченность, достижения и комфорт.

В завершении исследования я даю рекомендации по совершенствованию института, рассказывая про последующее развитие моего исследования.

Список используемых источников:

1. Семина А.П. Формирование и внедрение программы благополучия в компании для повышения эффективности деятельности команд // Гагаринский чтения — 2022. — М.: Издательство «Перо», 2022. — С. 632.

2. Семина А.П. Исследование влияния концепции wellbeing на эффективность удаленной команды // Московский экономический журнал. — 2022. — №2

3. Семина А.П. Влияние командной формы организации труда на эффективность организации. формирование «суперкоманды» // Московский экономический журнал. — 2021. — №11

Особенности применения концепции Кайдзен на современном предприятии (на примере ООО «Ульяновский автомобильный завод»)

Стрекалова П.О.

Научный руководитель — Денисов А.М.

РТУ МИРЭА, Москва

Одной из ключевых составляющих достижения максимальной эффективности промышленного предприятия является грамотная система управления производством, его производственная система.

Производственная система — это комплекс взаимосвязанных процессов и методов, нацеленных на повышение эффективности и оптимизацию производства.

В последние годы в работу предприятий также внедряется идея бережливого производства, направленная на максимальное устранение потерь. Работа этих двух элементов в совокупности позволяет создать единую ценность среди сотрудников, повысить уровень их вовлеченности, значительно сократить потери и максимально удовлетворить потребности клиентов.

Одной из эффективных концепций управления, в этом случае, является система Кайдзен — деятельность с участием всех сотрудников, состоящая в непрерывном осуществлении улучшений в малые сроки.

На примере ООО «УАЗ» можно наблюдать следующие элементы такой системы: система подачи Кайдзен-предложений, проекты по снижению издержек, Кайдзен-участок, Кайдзен-команда.

Согласно отчетам предприятия, в период с 2019 по 2023 года было сформировано пять Кайдзен групп по производственным подразделениям, а в результате, суммарно улучшено 46 участков и благоустроены территории завода. Более того, за 2023 год было получено 755 кайдзен предложений, что и позволило достигнуть таких результатов.

Кроме того, на заводе проводятся аудиты по производственной системе, для которых созданы специальные стандарты выполнения требований производственной системы. Так, используя систему аудитов, организация достигает следующих целей: подтверждение выполнения производственными подразделениями требований производственной системы; оказание помощи сотрудникам в выполнении требований; выявление возможностей для улучшений.

Таким образом, правильная производственная система предприятия позволяет постепенно вносить улучшения в его работу, главное — своевременное действие и внедрение, а не продолжительные обсуждения.

Список используемых источников:

1. Что такое кайдзен и как применять этот метод на практике // РБК Тренды URL: <https://leadstartup.ru/agile-coach/production-system-organization> (дата обращения: 28.02.2024).

2. Кайдзен-предложения на примере ООО «УАЗ» // Pro-personal.ru URL: <https://www.pro-personal.ru/article/8405-sistema-kaydzen-predlozheniy-naoao-uaz> (дата обращения: 28.02.2024).

Анализ социально-психологических черт личности на этапе отбора персонала

Удальцова Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Тихонов А.И.

МАИ, Москва

В настоящее время психология применяется все чаще во всех сферах жизни общества, особенно большое применение психология получила в области управления персоналом, так как эта сфера напрямую связана с людьми, их индивидуальными особенностями психотипа и коммуникативными навыками. На стадии отбора персонала специалист не только экзаменует кандидата с целью выявления его уровня квалификационных способностей, но и проводит психологические тесты на определение личностных качеств и мотивационных предпочтений с целью составления социально-психологического портрета личности при принятии решения о найме. Одним из основных способов применения психологии в управлении персоналом является выявление социально-психологических черт личности на этапе отбора персонала. Например, социально-психологический анализ помогает выявить наиболее эффективных сотрудников, выявить причины высокой текучести кадров или предсказать потенциальные конфликты в команде. Таким образом, анализ социально-психологических особенностей человека дает большие преимущества компании в создании благоприятной атмосферы в коллективе. Так, от того, насколько хорошо и комфортно персонал чувствует себя в компании, зависит эффективность отдельно взятого сотрудника и компании в целом. Проводя психологический анализ человека, специалист по подбору персонала может четко оценить соответствие кандидата корпоративной культуре, целям и задачам компании.

Существует большое количество методов оценки социально-психологических черт личности кандидата, самые распространенные — структурированные интервью, групповые дискуссии, тесты на определение личностных качеств и мотивационных предпочтений.

Современные тенденции в области оценки персонала тесно взаимосвязаны применением искусственного интеллекта. Специалисты по подбору персонала широко используют искусственный интеллект для автоматизации и оптимизации процессов анализа данных кандидатов. Благодаря использованию комплексного подхода к отбору кандидатов, используя инновации в сфере HR менеджмента, увеличивается продуктивность сотрудников, и снижается текучесть кадров.

Список используемых источников:

1. Пронина В.А., Тихонов А.И. ПОДБОР ПЕРСОНАЛА АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ // Естественно-гуманитарные исследования. — 2023. — №3(47). — С. 189–193.

2. Семина А.П., Федотова М.А. Социально-экономические составляющие развития команды проекта // Управленческий учёт, 2023 № 12–2

Ограничения использования современных цифровых решений в области управления персоналом

Федосова У.С.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Лавров М.Н.

Государственный университет просвещения, Москва

Цифровая трансформация современного бизнеса приводит к тому, что практически все процессы, включая непосредственно производство и логистику, документооборот, взаимодействие с клиентами и партнерами, найм и развитие персонала осуществляются или полностью, или частично с использованием цифровых технологий. Период после окончания пандемии характеризуется нарастающими темпами цифровизации моделей управления человеческими ресурсами в организации, в том числе с применением самых передовых инструментов — больших данных и генеративных нейросетей [1].

Следует также отметить, что развитие технологий Индустрии 4.0, и особенно — переход к моделям цифрового предприятия, а также развитие дистанционной занятости в условиях пандемии привели к резкому ускорению темпов международной кооперации, а следовательно, стали значимым фактором, стимулирующим организации менять подходы и методы работы с персоналом. В связи с ускорившимся старением профессиональных навыков работников в компаниях резко вырос запрос на цифровые компетенции, необходимые для соответствия изменяющемуся характеру и содержанию труда [3].

При этом можно говорить о том, что цифровизация сферы управления персоналом идет по всем основным направлениям: цифровизация человека, рабочей деятельности и непосредственно HR-процессов, затрагивая содержание и организацию работы в целом и в частности в рассматриваемой сфере [4].

Большинство исследований в данной сфере концентрируются на преимуществах, которые обеспечивают современные цифровые решения, в том числе повышение экономической эффективности, ускорение бизнес-процессов, повышение конкурентоспособности компаний, а также анализ отдельных аспектов организационных, технологических, человеческих, институциональных факторов цифровизации. Тем не менее, хотелось бы сконцентрироваться и на недостатках цифровизации, которых в сфере управления персоналом достаточно много. К их числу можно отнести: значительную стоимость внедрения цифровых сервисов, что ставит небольшие компании в неравную позицию с точки зрения конкурентной борьбы за право приобретение актуальных технологий; снижение количества рабочих мест в силу явного тренда на роботизацию рутинных процессов; возможные ошибки самих систем, как это было недавно со знаменитым чатом-GPT, и, соответственно, необходимость создания контролирующих и параллельных структур, что усложняет бизнес-процессы; проблему кибербезопасности при работе с данными, что особенно актуально в условиях использования облачных технологий; проблему этичности полной автоматизации принятия решений относительно персонала [2].

Список используемых источников:

1. Колесникова Ю.А., Сафарли М.С. Цифровизация HR процессов: анализ и систематизация опыта использования инструментов // Modern Science. 2021. № 1–2. С. 57–65.
2. Писарюк С.Н., Кобзарь Ю.А. Цифровые технологии в HR. Преимущества и недостатки // Актуальные вопросы учета и управления в условиях информационной экономики. 2022. № 4. С. 395–399.
3. Соловьева М.В., Белоус И.Е., Филиппова К.Д. Управление человеческими ресурсами с использованием HR-технологий в условиях цифровизации экономики // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2022. Т. 12. № 2. С. 194–205.
4. Татевосян С.А. HR-цифровизация: основные направления развития и факторы влияния // Вестник Санкт-Петербургского университета. Менеджмент. 2023. Т. 22. № 1. С. 37–60.

Оценка кадровых рисков российских предприятий аэрокосмического комплекса в условиях кадрового голода

Филиппенкова В.И., Алиев М.М.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Лифановская О.В.

Финансовый университет, Москва

Кадровый голод, ставший одной из основных проблем российских предприятий, является тяжелым испытанием для различных сфер национальной экономики. Большинство организаций сталкивается с нехваткой сотрудников, а это напрямую влияет на их финансовое положение и конкурентоспособность. Естественная убыль населения, усиленная оттоком квалифицированных сотрудников и низкой эффективностью кадровой политики организации, ставит под угрозу будущее отдельных отраслей экономики, в том числе и аэрокосмическую отрасль.

В рамках оценки кадровых рисков предприятий аэрокосмической отрасли выделяются следующие риски, которые перечислены по возрастанию потерь.

1. Риск несоответствия уровня подготовки молодых специалистов в учебных заведениях с задачами предприятия. Укрепление авиации обусловлено кадрами, обладающими знаниями в как в фундаментальных сферах, так и в современном авиастроении. В последнее время уровень подготовки молодых специалистов в большинстве учебных заведений не поспевает за темпами развития аэрокосмической отрасли, что растягивает время между окончанием обучения специалиста и применением его навыков на практике. По этой причине предприятию приходится тратить дополнительные ресурсы на обучение сотрудников.

2. Риск недостаточной квалификации текущего кадрового резерва. Аэрокосмическая отрасль развивается стремительными темпами, новые технологии и инновации внедряются постоянно, что ставит вызов перед сотрудниками при обеспечении потребностей предприятий. Ввиду сокращения количества работников, а также недостаточной квалификации среди более молодых специалистов, перед компаниями стоит задача обеспечить себе необходимый кадровый резерв для продолжения собственной деятельности.

3. Риск предоставления неконкурентоспособных условий труда. В настоящее время существенное количество компаний на Российском рынке предлагают различные дополнительные стимулы повышения лояльности и удержания сотрудников внутри своих подразделений. В условиях жесткой конкуренции за квалифицированными сотрудниками предприятия аэрокосмической отрасли не всегда способны предложить выгодные условия для ограниченного рынка труда.

4. Риск выбытия работников с предприятия по естественным причинам. Возрастные работники преобладают среди общего количества сотрудников. Происходит естественный отток квалифицированных кадров из-за ухода на пенсию и иных причин.

5. Риск нехватки кадрового резерва. На предприятиях наблюдается нехватка более 14 тыс. специалистов различного профиля. Наибольший дефицит приходится на инженерно-технических работников. Эта тенденция негативно сказывается на эффективности производства организации, а также сокращает количество производственных мощностей компании для реализации новых проектов;

Кадровые риски аэрокосмической отрасли в РФ имеют структурный характер. Если отрасль не сможет изменить движение тренда на рынке труда, то кадровый резерв отрасли непоправимо пострадает. На данный момент Правительство РФ озабочено ситуацией на рынке труда и активно развивает программы подготовки кадров в высших учебных заведениях и внедряет образовательные программы подготовки рабочих специальностей “Профессионалитет” в средних образовательных заведениях, в том числе и профильной направленности.

Список используемых источников:

1. Кадровый голод. В ближайшие годы авиастроению потребуется 25 тыс. инженеров. — Текст : электронный // АвиаПорт : [сайт]. — URL: <https://www.aviaport.ru/news/302861/> (дата обращения: 20.02.2024);

2. 8 критических рисков для авиационной промышленности. — Текст : электронный // Allinsurance.kz : [сайт]. — URL: <https://allinsurance.kz/articles/market/9694-8-kriticheskikh-riskov-dlya-aviatsionnoj-promyshlennosti> (дата обращения: 19.02.2024);

3. Вопросы оценки инвестиционного риска инновационных проектов авиационной промышленности. — Текст : электронный // МАИ : [сайт]. — URL: <https://mai.ru/upload/iblock/31c/voprosy-otsenki-investitsionnogo-riska-innovatsionnykh-proektov-aviatsionnoy-promyshlennosti.pdf> (дата обращения: 22.02.2024);

4. Кузнецова, О. Н. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ОТРАСЛЕВЫХ РИСКОВ НА ПРИМЕРЕ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЕЙ И МАШИНОСТРОЕНИЯ / О. Н. Кузнецова. — Текст : непосредственный // ДВОЙНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ №1 (62) 2013. — Москва : 2012. — С. 61–70.

HR-аналитика как инструмент управления человеческими ресурсами

Фролова В.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Федотова М.А.

МАИ, Москва

HR-аналитика — довольно новый инструмент. За последнее столетие управление персоналом сильно изменилось. Она перешла от оперативной дисциплины к более стратегической. Об этом свидетельствует популярность термина «стратегическое управление человеческими ресурсами» (SHRM). Подход, основанный на данных, который характеризует HR-аналитику, соответствует этому развитию.

Аналитика человеческих ресурсов (HR-аналитика) определяется как область в аналитике, которая занимается анализом людей и применением аналитического процесса к человеческому капиталу в организации с целью повышения производительности и удержания сотрудников, а также в получении большей отдачи от инвестированных средств.

HR-аналитика собирает данные не только о том, насколько эффективно работают сотрудники. Вместо этого она стремится обеспечить лучшее понимание каждого бизнес-процесса управления персоналом, собрать связанные данные, а затем использовать эти данные для принятия обоснованных решений об улучшении этих процессов. Это позволяет организации измерять влияние ряда HR-метрик на общую эффективность бизнеса и принимать решения на основе данных. Другими словами, HR-аналитика — это основанный на данных подход к управлению человеческими ресурсами.

Основными целями HR-аналитики являются: предоставление неизвестной ранее информации и определение ключевых данных. Первая цель заключается в том, что HR-аналитика предоставляет организации неизвестную ранее информацию о ее же операциях, которая в свою очередь может помочь в эффективном управлении сотрудниками. Это так называемые «инсайты», которые могут обеспечить эффективное достижение бизнес-целей компании. Цель, которая заключается в определении ключевых данных, помогает идентифицировать данные, которые организация должна сохранять, чтобы в дальнейшем опираться на них для принятия управленческих решений и улучшения бизнес-процессов. А также она предоставляет модели для прогнозирования различных способов, благодаря которым компания может получить максимальную отдачу от инвестиций, которые были вложены в человеческий капитал.

Возможность использовать данные при принятии решений приобретает все большее значение на протяжении всей глобальной пандемии. На пути к постпандемическому миру в сфере занятости происходит много изменений — будь то растущая популярность гибридной работы или более широкое использование автоматизации. В наш век потрясений и неопределенности жизненно важно принимать правильные решения, чтобы ориентироваться в наших новых реалиях.

Данные, собранные с помощью HR-аналитики, предлагают множество преимуществ для организации, в том числе:

- Ускорение процесса найма в компанию;
- Снижение темпов сокращения сотрудников;

- Улучшение опыта сотрудников;
- Повышение производительности труда;
- Завоевание доверия сотрудников.

Эти данные собираются из множества источников по всей организации, включая опросы сотрудников, их базы данных, записи о посещаемости, историю заработной платы и продвижения по службе, историю работы, личные данные. Собирая и анализируя данные, начинают появляться закономерности, которые демонстрируют возможные улучшения для компании и способы стратегического планирования на будущее. Несмотря на то, что у HR есть много информации о своих сотрудниках, без аналитики эти данные не принесли бы много пользы. В крупной компании это могут быть тысячи сотрудников, и их необработанные данные сами по себе не могут выявить проблемы или предложить решения.

Также HR-аналитика нацелена на улучшение кадровой политики организации. Организациям необходимо ответственно относиться к анализу состояния человеческого капитала, если они хотят раздобыть высококвалифицированных и востребованных сотрудников или же удерживать существующих таких сотрудников на ведущих позициях. «Согласно исследованию Harvard Business Review, такие компании как Google сумели поднять свой бизнес благодаря анализу управления и подбору своих сотрудников». Согласно IV Всероссийской конференции HR METRIX 2018 выделяют 4 типа HR-аналитики.

- Дескриптивная аналитика;
- Прогнозная аналитика;
- Предиктивная аналитика,
- Прескриптивная аналитика.

Список используемых источников:

1. Трудовой кодекс Российской Федерации / [и др.]. — Москва : Эксмо-Пресс, 2023. — 288 с.
2. Егоршин А. П. Основы управления персоналом : учебное пособие / А. П. Егоршин. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 352 с.
3. Данилина Е. И. Инновационный менеджмент в управлении персоналом : учебник для бакалавров / Е. И. Данилина, Д. В. Горелов, Я. И. Маликова. — 2-е изд. — Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2020. — 208 с.
4. Иванова С. В. Управление человеческими ресурсами / С. В. Иванова, Е.Н. Ветлужских, Е. А. Вешнякова, З. Е. Малыгина — М.: ООО «1С-Паблишинг», 2018.
5. Кибанов А. Я. Управление персоналом : учебник / А. Я. Кибанов, Л. В. Ивановская, Е. А. Митрофанова. — Москва : РИОР, 2020. — 288 с.

Управление проектом «Северный широтный ход»

Чжоу Ц.Н.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Гуреев П.М.

РУТ МИИТ, Москва

В Арктике Россия располагает «колоссальным богатством природных ресурсов, наличием трансконтинентальных транспортных маршрутов, Северного морского пути, экологической безопасностью и др.» [1]. Примером создания транспортной инфраструктуры Арктики может служить проект строительства Северного широтного хода.

Северный широтный ход — это «проект строительства железной дороги общей протяженностью 707 километров» [2] и стоимостью в \$500 млрд. Окончание строительства планируется в 2027 году. «В зоне тяготения СШХ сегодня расположено более 15 месторождений, которые, по разным оценкам, в перспективе могут дать от 15 до 23 млн тонн дополнительных грузов. Грузопоток на порты Северо-Запада РФ вырастет до 25,6 млн тонн к 2025 году» [1].

Проект является первой в России железнодорожной дорогой, строящейся по концессии. В реализации проекта участвуют «ОАО «РЖД», ПАО «Газпром», «НОВАТЭК», Ямало-Ненецкий и Уральский автономные округа, Республика Коми, контроль его исполнения

осуществляет Правительство Российской Федерации» [3]. Поэтому управление им требует высокой степени организации, координации и эффективного планирования.

Важным этапом анализа проекта является оценка ресурсов, необходимых для его реализации. Это включает в себя оценку бюджета, необходимых материальных ресурсов, технических средств, кадрового потенциала и временных рамок.

Одним из вопросов анализа проекта «Северный широтный ход» является оценка социальных и экологических последствий его реализации, так как особенности Арктики диктуют необходимость предусмотреть минимизацию негативных последствий строительства, а также предпринять меры по устойчивому развитию региона. Тщательный анализ проекта обеспечивает основу для принятия обоснованных решений и многократно повышает вероятность достижения поставленных целей.

Целью данного проекта является создание маршрута, обеспечивающего связь между арктическими регионами. Главная задача проекта — оптимизация путей сообщения и снижение времени и стоимости транспортировки грузов и пассажиров. Эти цели и задачи проекта позволили эффективно планировать и управлять всеми этапами его реализации и должны обеспечить достижение запланированных результатов.

Определение сроков выполнения задач является одним из этапов планирования проекта, то есть стояла задача разработки графика выполнения всех работ по проекту с учетом зависимостей между задачами, чтобы обеспечить своевременное выполнение проекта в целом.

Контроль и оценка результатов играют ключевую роль в успешном управлении проектом "Северный широтный ход". Для обеспечения эффективного контроля за ходом выполнения проекта необходимо разработать четкие критерии оценки, определить ответственных за мониторинг процесса и внедрить механизмы своевременного анализа полученных данных.

Один из важнейших инструментов контроля — это установление ключевых показателей проекта (KPI), которые позволят оценить достижение целей и своевременно выявить отклонения от плана.

Помимо количественных показателей, необходимо учитывать качественные аспекты реализации проекта. Для этого рекомендуется применять методики оценки качества выполненных работ, проводить регулярные аудиты и анализировать обратную связь от заинтересованных сторон.

Контроль за бюджетом является еще одним важным аспектом управления проектом. Постоянное отслеживание расходов и сравнение их с плановыми затратами помогает не допустить финансовых просчетов и своевременно корректировать бюджетные показатели.

Важным этапом является также оценка результатов проекта, которая позволяет сделать выводы об эффективности проведенных мероприятий и выявить возможные направления развития проекта.

Планирование выполнения проекта «Северный широтный ход» требует комплексного и структурированного подхода. Это позволит оптимизировать использование ресурсов, уменьшить риски и обеспечить успешное завершение проекта в соответствии с поставленными целями и ожиданиями.

В целом, контроль и оценка результатов проекта "Северный широтный ход" являются неотъемлемой частью процесса управления и способствуют достижению поставленных целей и успешной реализации стратегии проекта.

Список используемых источников:

1. Пак М.В. Северный широтный ход как основа транспортной обеспеченности России // Вестник Алтайской академии экономики и права. — 2019. — № 4-2. — С. 269–273 // URL: <https://vaael.ru/ru/article/view?id=440> (дата обращения: 29.02.2024)
2. Андреев С., Жуков Е. Секретная магистраль: Зачем Россия строит 700-километровую железную дорогу за 500 миллиардов рублей // Новостной портал «Life» // URL: <https://life.ru/p/1451140> (дата обращения: 26.02.2024)
3. Курочкин А.Е. Реализация проекта «Северный широтный ход» // Северный широтный ход: современные вызовы, механизмы реализации и перспективы: сб. тр. научно-практической конференции, посвященной 150-летию Северной железной дороги, 5 октября 2018 г., Ярославль / под общ. ред. А.Ю. Паньчева, П.К. Рыбина. СПб.: ПГУПС, 2019. С. 31–38.

Секция №9.4 Философские, историко-политические и социально-гуманитарные проблемы аэрокосмической деятельности

Развитость авиационной инфраструктуры региона как фактор развития внутреннего туризма на примере Иркутской области

Александрина А.О.

Научный руководитель — Михайлова Е.О.

МАИ, Москва

Туризм выступает отдельной отраслью экономики непроизводственной сферы, участники которой удовлетворяют потребности туристов, предоставляя им материальные и нематериальные услуги.

Россия обладает значительным потенциалом в сфере развития туристической отрасли, однако вклад туристической отрасли в ВВП России составляет около 2,6% на протяжении трех лет и оценивается как «крайне невысокий», в то время как в некоторых странах туристическая отрасль выступает основной доходной статьей.

Импульсом к развитию внутреннего туризма послужили: пандемия COVID-19, начавшаяся в декабре 2019 года, и санкции, наложенные на Российскую Федерацию в 2022 году, которые повлекли за собой существенные ограничения на осуществление туристических поездок за рубеж. Восполнить потребность граждан в туристических поездках и отдыхе позволяет внутренний туризм, зависящий во многом от доступности тех или иных регионов страны.

Одним из факторов развития внутреннего туризма выступает развитость авиационной инфраструктуры на территории региона. Именно доступность туристских направлений является решающим фактором при принятии решения о туристической поездке.

Развитию авиационной инфраструктуры сопутствует ряд преимуществ:

1) увеличение туристического потока, что влечет за собой улучшение социально-экономической ситуации региона и создание рабочих мест для специалистов туристической отрасли;

2) повышение привлекательности региона, а также развитие регионального туристического продукта;

3) стимулирование работы бизнеса туристической отрасли: разработка и внедрение новых туристических продуктов, совершенствование предоставляемых туристических услуг, качественная подготовка специалистов туристической отрасли.

В Иркутской области на сегодняшний день действует 6 аэропортов. Международный аэропорт Иркутска — один из крупнейших воздушных портов страны, вышедший на рекордные позиции по приему пассажиров в 2023 году. Показатели по пассажиропотоку стремительно растут, опережая все прогнозные значения специалистов.

Более того, Иркутский аэропорт каждый год входит в двадцатку аэропортов-миллионников страны, что говорит о стабильном спросе граждан на услуги данного предприятия. В 2023 году пассажиропоток достиг рекордного значения в 3,8 млн. человек, что на 44% выше предшествующего года. Соответственно, необходимо создавать условия для динамичного развития авиационной инфраструктуры региона, способствующей принятию большего количества российских и иностранных туристов.

Улучшение работоспособности авиационной инфраструктуры, уменьшение расходов на ее обеспечение, а также минимизация пагубного влияния работы системы на экологию может осуществляться за счет внедрения современных технологий. В рамках этого направления в Иркутской области предусмотрено разработка и внедрение беспилотных авиационных систем в 2025 году.

В перспективе улучшение международной ситуации в стране в совокупности с развивающимся авиационным сектором позволит развивать въездной туризм и привлекать больше финансовых средств в Россию, а также знакомить значительное количество туристов с историей и культурой нашей страны.

Список используемых источников:

1. Статистический бюллетень Росстата к всемирному дню туризма — 2023 [Электронный ресурс] URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/turism_2023.pdf (дата обращения 12.02.2024 г.)
2. В Иркутской области планируется создать посадочные площадки и полигон для беспилотников [Электронный ресурс] URL: <https://www.ogirk.ru/2024/01/17/v-irkutskoj-oblasti-planiruetsja-sozdat-posadochnye-ploshhadki-i-poligon-dlja-bespilotnikov/> (дата обращения 14.02.2024 г.)
3. Росавиация. Объемы перевозок через аэропорты России [Электронный ресурс] URL: <https://favl.gov.ru/dejatelnost-ajeroporty-i-ajerodromy-osnovnie-proizvodstvennie-pokazатели-aeroportov-objom-pereva> (дата обращения 15.02.2024 г.)

Привлечение ветеранов вооружённых конфликтов к работе на предприятиях авиационной промышленности

Алёшин А.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Ермолаева Е.Н.

МАИ, Москва

Военные действия — серьёзные социальные явления, оставляющее след в жизни их участников, в особенности тех, кто находился на линии фронта. Они деформируют личность военнослужащего, что может привести к осложнениям в дальнейшей постконфликтной жизни. Это обусловлено опытом прошлых лет как в мировой, так и в национальной истории России. Например, высокий уровень криминогенности России 90-ых годов прошлого столетия был обусловлен большим притоком в организованные преступные группировки участников вооружённых конфликтов, которые ввиду неэффективной социальной поддержки, добивались получения материальных благ нелегальным путём, часто нанося серьёзный ущерб хозяйствованию государства. Немаловажным фактором вовлечения военнослужащих в мирную жизнь общества является необходимость преодоления посттравматического стрессового расстройства (ПТСР), обуславливающий склонность к девиантному поведению участника в мирное время [2]. Для предотвращения психологического заболевания, как показывает международный опыт, стоит проводить мероприятия по социализации участников боевых действий путём предоставления работы и вовлечения в образовательный процесс.

В ходе работы были проанализированы статьи, посвящённые изучению психологического состояния участников вооружённых конфликтов, анализ их личного морального опыта. Для оценки объёмов человеческих ресурсов, которые можно направить на предприятия авиационной промышленности, проводилось изучение требований необходимого числа специалистов на один летательный аппарат, а также число и виды авиационной техники. Отбор участников вооружённых конфликтов, труд, опыт и знания, которых могут пригодиться на предприятиях, начинался с 70-ых годов двадцатого века.

Исследование привело к следующим результатам. Во-первых, конфликт — точка бифуркации личности, но не приводящая к хаотичному развитию [2]. Во многом особенности механизмов психологической защиты, а также уровень, оказываемой «полевой» психологической поддержки, основанной на боевом опыте, хватает, чтобы преодолеть критический момент в жизни человека и дать действиям моральную оценку. Исследования выделили 3 большие формы моральной самооценки: переход от нравственного ужаса к инструментальности насилия, обоснование позитивной ценности военного опыта, разрешение конфликта ценностей в пользу большего блага, ради которого совершается необходимое зло [2]. Также, стоит отметить, что многие респонденты пережили опыт ПТСР, который был преодолен при помощи вовлечения в мирную жизнь семьи и близких людей. Лишь у одного из четырёх респондентов были отмечены признаки моральной травмы [2]. Во-вторых, был проведен анализ применяемых в конфликтах летательных аппаратов, информация о которых поможет дать оценку возможного трудового потенциала. По числу и видам авиационной техники, применяемых в исследуемых конфликтах, можно выделить боевые самолёты

(бомбардировщик, истребитель-бомбардировщик, истребитель, штурмовик) в количестве 556 единиц, самолёты обеспечения операций (разведчик, самолёт радиолокационного дозора и наведения, ретранслятор, воздушный заправщик, военно-транспортный) в количестве 194 единиц, вертолеты (разведчик, транспортный) в количестве 787 единиц [3]. Для обслуживания боевых самолётов и вертолётов требуется обычно до 7 человек персонала (исключение для бомбардировщиков и военно-транспортного самолётов, которые требуют технические составы в размере 14 человек) [1], на один технический расчёт в среднем приходится 5 летательных аппаратов, таким образом, в течение всего конфликта был применён труд, как минимум 1839 человек.

Исходя из полученных результатов, можно сказать, что Российская Федерация имеет значительный трудовой потенциал для приёма на предприятия авиационной промышленности участников вооружённых конфликтов, занимавшихся обслуживанием летательных аппаратов. Учитывая, что прямое столкновение с противником было сведено к минимуму, то можно сказать, что порядка 95% психологически здоровы, т.е. преодолели ПТСР и морально не травмированы [4]. Таким образом, военнослужащих, участвовавших в Чечне и Сирии, можно принимать на рабочие вакансии предприятий, т.к. средний возраст участников составляет от 33 до 50 лет. Также трудовой потенциал участников боевых действий можно применять и для поддержки программ наставничества на предприятиях, и в организации инженерных классов для школьников в общеобразовательных, начальных профессиональных и высших учебных учреждениях, в особенности ветеранов-участников Афганистана, чьи ресурсы можно привлечь для восстановления любительского авиамоделирования. Опыт привлечения участников боевых конфликтов прошлого поможет дальнейшему оптимальному вовлечению в мирную жизнь и участников возможных будущих боевых действий.

Таким образом, привлечение ветеранов вооружённых конфликтов на предприятиях авиационной промышленности отвечает не только социальным требованиям развития, но и хозяйственным.

Список используемых источников:

1. Ковалев М.А., Елуфимов Д. С. Техническая эксплуатация и ремонт авиационной техники: Учебное пособие // Самар, гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2002, С. 87–118.
2. Ведерников Г.А. Этика войны и моральная травма. Анализ личного морального опыта ветеранов Афганской и чеченской войн // Общество: философия, история, культура. 2022. № 12. С. 55–63.
3. Крылов С. В. Афганский опыт управления воздушным движением в ходе перевозки военных грузов и личного состава самолётами ВТА, а также преобразования боевой авиационной техники (1979-1989 гг.) // Военно-исторический журнал. — 2020. — № 8 — С. 46–48.
4. Суркова И. Ю. Социальный статус ветеранов вьетнамской войны: отношение общества и социальная защита // Журнал социологии и социальной антропологии. — 2011. — № XIV, N. 4 (57). — С. 170.

Философия как инструмент моделирования будущего

Базаров В.В., Пещерова А.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

С самого начала это было философской практикой, с помощью построения правильных выводов придумывать новое. Такие выводы позволяют построить, используя определенную технику — речь по правилам, которые отрабатываются логикой. В наше время отработаны и отрабатываются многие логические инструменты, в частности в неклассических моделях логики. Главный вопрос в контексте философии как инструмента, как технического инструмента — что такое сознание и что такое разум? До каких пределов и границ простираются возможности мышления? Что такое сознание? Если я что-то сознаю, то значит я мыслю? Сознание равно разуму? Ощущаемые вещи вносятся в наше сознание, осознаются, т.е. они мыслимы? И в этом смысле, выскажем следующую философскую гипотезу:

мы мыслим будущим. Человек все время мыслит будущим, а именно, мы как бы проектируем будущее, готовимся к следующему шагу, думаем, что я скажу или что сказать тогда-то, как поступить здесь и там. Даже когда мы вспоминаем прошлый день, события прошедшего времени, мы их представляем как бы «прямо перед собой», мы их осовремениваем. Поэтому можно сказать, что человек не только живет будущим, но он действительно им жив. Даже когда мы на учебе в университете разбираем какие-то концепции или теории (которые были созданы раньше, придуманы до нас), то мы их осовремениваем, делаем проектом для действий сейчас, сию секунду или завтра. Изучая историю философии, например, мы помещаем ее, как бы перед собой. Поэтому философия как инструмент моделирования будущего, как бы открывает возможности для осмысления того, что ожидает человечество, что его ожидает, с какими проблемами ему придется взаимодействовать и какие проблемы предстоит решать. В XX веке такую проблему глобального масштаба представил Энрико Ферми (1901-1954), формулировка возможности возникновения цивилизации в планетарном масштабе. Согласно парадоксу Ферми, во Вселенной должно быть множество развитых цивилизаций, которые имели бы возможность устанавливать контакт друг с другом. Тем не менее, мы не обнаружили никаких доказательств существования таких внеземных цивилизаций. Это ставит под сомнение наши предположения о количестве и возможности развития интеллектуальной жизни во Вселенной. Одним из возможных решений парадокса Ферми является гипотеза Робина Дейла Хэнсона о существовании «Великого фильтра» (1996). Теория «Великого фильтра» предполагает, что есть несколько стадий, которые разумные цивилизации должны пройти, чтобы достичь высокого уровня развития. Каждая из этих стадий является своего рода "фильтром", который ограничивает или уничтожает цивилизации. Если мы не обнаружили других разумных форм жизни во Вселенной, это может указывать на то, что существует некий "фильтр", преодоление которого далеко не всегда возможно. Теперь давайте представим себе, что наша цивилизация является первой и единственной, которая преодолела все эти фильтры и достигла высокого уровня развития. Однако стоит отметить, что обе эти теории являются гипотетическими и требуют дальнейших исследований. Пока мы не получим больше информации о возможных сценариях будущего нашей цивилизации, философия может служить инструментом для осмысления и обсуждения этих вопросов. От решения таких космологических вопросов перед «местоположением человека в космосе», как писал в своей философской работе 1925 года немецкий мыслитель Макс Шелер, перед человечеством встанут экзистенциальные вопросы. Например, вопрос одиночества во Вселенной и дискомфорта отсюда, вопрос создания копий себе для общения, искусственного интеллекта для коммуникаций. Вопрос сохранения человечества как разумной формы жизни, ибо другого не дано в обозримом пространстве. Это все задает человеку сложные ситуации, для решения которых необходимо прибегать, как и всегда в прошлом, к философии.

Список используемых источников:

1. Шевцов А.В. Классические и неклассические логики в историко-философском аспекте: основные принципы и понятия. — М.: ИНФРА-М, 2020.
2. Шевцов А.В. М.И. Каринский и русская гносеология конца XIX — начала XX века. — М.: Мир философии. 2017.
3. Хабермас Ю. Философский дискурс о модерне. Двенадцать лекций. — М., 2008.

О постулатах Д. Гильберта и метаматематике в XXI веке

Бурдинский В.Д.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

Большим вкладом Гильберта в науку со времени еще его первых работ по основаниям геометрии (1899), были его выступления на конгрессе математиков в 1900 года с анонсированием 23 постулатов или математических проблем для грядущего XX века, которые требуют решения. Во-первых, что в самой математике возникла проблема, что строгая формализация теории предполагает полное абстрагирование от смысла, и во-вторых, поэтому возникает вторая задача разработки метода, делающего формальную систему в целом предметом изучения метаматематикой, или теорией доказательств. Например, основную мысль Гильберта современные логики (например, Хаскелл Карри) видят

в том, что трансфинитные (бесконечные) понятия являются идеальными конструкциями человеческого разума, придуманными, словно в игре, поскольку существуют определенные финитные интуитивные рассуждения, которые априори абсолютно верны (Шевцов 2020, с. 73).

Гильберт предложил метод установления непротиворечивости обычной математики, основанный на анализе языка, средствами которого формулируется математическая запись. Метод Гильберта, его предложение установления непротиворечивости обычной математики, основанный на анализе языка, заключалось в том, что такой язык необходимо формулировать так полно и так точно, чтобы математические рассуждения можно было рассматривать как выводы согласно установленным правилам, которые являются как бы механическими, рассматривая сами символы как конкретные физические объекты. Это легло в основание формализаций неклассических логик. Философская интерпретация постулатов Гильберта гласила, что воспринимаемые явления природы описываются средствами математик, и это будет такой же творческой картиной, как и описание этих явлений языком философии, или средствами естественного языка. Таким образом, все три картины описания природы являются творческими, и самое главное, непротиворечивыми. Это старая философская проблема соотношения нескольких языков из разных мета уровней. Язык философии, описывающий какой-то контекст, не противоречит математической записи для этого явления. По крайней мере философское осмысление постулатов Д. Гильберта способствует пониманию математиками философских теорий, а философами языка математики, это и задача будущего, и открытый горизонт для действия философии вместе с математикой (на основе формальной логики), как об этом думал Лейбниц в XVII веке, Кант в XVIII веке, Анри Лебег и Давид Гильберт в XX веке.

Некоторые из его проблем фундаментальны, например — непротиворечивость аксиом арифметики, которую долгое десятилетия не удавалось доказать, пока в 1936 году Генцен смог добиться её решения. К таким фундаментальным проблемам также стоит отнести 6 проблему — математическое исследование аксиом физики, а если быть точным — полное математическое описание всех физических процессов, которые происходят в мире. На данный момент эта проблема не имеет точного решения, однако, учёные продолжают исследования в этой области. Если человечество сумеет полностью решить 6-й постулат Гильберта, то это позволит превратить физику в науку по типу геометрии, как заявил сам Давид Гильберт в 1900 году. На данный момент полное решение имеют 16 постулатов из представленных 23, но тем не менее, математики продолжают пересматривать их. Так, задача 13 постулата Гильберта: «Возможно ли решить полином 7 степени с помощью функций, зависящий от 2 переменных?», была решена в 1957 году великим советским учёным Владимиром Игоревичем Арнольдом и Андреем Николаевичем Колмогоровым, однако, спустя более чем 50 лет, Бенсон Фарб, тополог из Чикагского университета, а также Джесси Вольфсон из Калифорнийского университета в Ирвине снова взялись за неё. Дело в том, что решение данное в 1957 году было не полным, о чем даже сам Арнольд писал в своём эссе. Сам по себе 13 постулат при своём решении даёт ответ на чрезвычайно важный вопрос — насколько сложны полиномы? Ведь люди уже тысячи лет решают уравнения от первой, второй, третьей и даже четвертой степени, но вот решить уравнение 7 степени от функции от всего-то двух переменных — это уже действительно серьезная и важная задача. Ведь определив универсальный подход можно получить возможность с такой же легкостью решать полиномы еще более высоких степеней, что открывает новые горизонты в изучении математики.

Некоторые проблемы постулатов Гильберта до сих пор не имеют решения в связи с тем, что либо имеют нечеткую формулировку либо являются пока что сложными для современных математиков. Так, например, до сих пор не была решена проблема 12 постулата — распространение теоремы Кронекера об абелевых полях на произвольную алгебраическую плоскость рациональности. Или 8 постулат — проблема простых чисел, которая пока что решена лишь на 50%. В будущем ученым еще предстоит множество открытий, в которых решения проблематики постулатов Гильберта могут принять огромную роль.

Список используемых источников:

1. Гильберт Д., Аккерман В. Основы теоретической логики / ред. вступ. ст. и коммент. С.А. Яновской. — М.: Изд-во «Иностранной литературы», 1947.
2. Лебег А. Об измерении величин. М., 1960.
3. Луман Н. Социальные системы. Очерк общей теории. СПб., 2007.
4. Хабермас Ю. Философский дискурс о модерне. Двенадцать лекций. — М., 2008.
5. Шевцов А.В. Имманентная философия Вильгельма Шuppe в контексте неокантианства (К вопросу о ее рецепции в русской философии начала XX в.) // Христианское чтение. 2018.; 4. С. 167–180.
6. Шевцов А.В. Классические и неклассические логики в историко-философском аспекте: учебное пособие. — М.: ИНФРА — М, 2020.

Воздушный этикет

Бутарева В.А., Головня Е.А.

Научный руководитель — доцент, Колганов С.В.

МАИ, Москва

Этикет — это французское слово, означающее манеру поведения. Хорошие манеры, воспитанность никогда не устаревают, поэтому правила этикета могут измениться, но своей актуальности не потеряют никогда. И странно, когда люди не изучают этикет, а некоторые вообще считают, что этикет — это нечто давно ушедшее в небытие. Однако если человек не знает этикета, он закрывает для себя двери во многие элитные и значимые места, в которых он мог бы себя отлично зарекомендовать. А если рядом находятся люди, которые не отличаются хорошим воспитанием, то и человек в свою очередь не станет себя утруждать выполнением правил, которые он когда-то изучил. Он не станет менять окружение, потому что не захочет терять друзей и знакомых.

Конечно придерживаться определенных правил следует в разных жизненных ситуациях, и воздушные перелеты не исключение. Также есть поступки, которые нежелательно совершать во время воздушного путешествия. Давайте порассуждаем именно о них. Правила поведения в самолёте разрабатывались специалистами на протяжении многих лет. Поэтому пассажирам стоит им следовать, чтобы не рисковать своим здоровьем и жизнями других людей.

Самые опасные фазы при путешествии на самолёте — взлёт и посадка. Именно на них приходится большая часть катастроф, ведь воздушное судно находится вблизи от земли и строений, а его скорость огромна. Перечислим несколько важных вещей, которые нельзя совершать при посадке или во время взлёта: спать; использовать наушники; снимать обувь; отключать вентиляцию; откидывать кресла; опускать шторки; не использовать «режим полёта» на телефоне; вставать со своих мест заранее.

Конечно, существует масса правил поведения для пассажиров и во время основного периода полета, которые многие путешественники прекрасно знают и стараются их придерживаться.

Что же не стоит делать в самолете в течение основного времени полета:

1. Есть всё что принесут.
2. Использовать контактные линзы.
3. Не стоит злоупотреблять газированными напитками.
4. Оставаться в одном положении весь полет.
5. Пользоваться парфюмерией с агрессивными ароматами и проносить на борт еду с сильным запахом
6. Прогуливаться босиком по салону.
7. Путешествие в шортах.
8. Шутить на запрещенные темы.

Ощущение комфорта на борту — главный признак хорошего полета. Но некоторые пассажиры удваивают свое счастье снятием обуви и прогулкой по салону босиком. Так делать

не стоит ведь на полу скапливается мелкий мусор и бактерии, что приводит к заболеваниям стоп. К тому же, такое поведение часто раздражает других пассажиров.

Во время полёта на самолёте есть множество ограничений, предусмотренных авиакомпаниями. Но также есть вещи, которые по идее не запрещены, но лучше их избегать, чтобы путешествие оказалось комфортным и безопасным для всех.

Лучше не совершать в самолёте, хотя это не запрещено правилами авиакомпаний, следующие действия: просить поднять температуру в салоне; давать чаевые бортпроводникам; отвлекать бортпроводников; использовать тесную обувь и одежду; просить родителей успокоить капризных малышей; брать неудобную ручную кладь; просмотр нежелательного контента; облакачиваться сразу на два подлокотника; отклонять кресло без спроса и др.

Как бы то ни было, но человеческие общественные нормы поведения, способ существования человека в социуме никто не отменял. И свои правила существуют везде и их лучше узнать заранее, чтобы не попасть в опасные и неловкие ситуации.

Список используемых источников:

1. Денисенко С.В. Современный этикет: возможности и границы / Об-щество: философия, история, культура. 2022. № 4. С. 40–45.

2. Некрасова Н.А., Тригубенко Ф.А. Этика и этикет / Научный вестник МГТУ ГА. 2015. № 215. С. 99–104.

3. Пороховская Т.И. Нравственность и этикет в общении / Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Философия. Культурология. Политология. Социология». Том 24. 2001. №2. С. 90–98

Представления студентов МАИ об образе жизни студенческой молодежи в будущем

Гуреева А.А.

Научный руководитель — доцент, к.соц.н. Коган Е.А.
МАИ, Москва

Студенческая молодежь всегда играла ключевую роль в формировании общественных тенденций и определении будущего образа жизни. Она является движущей силой изменений, отражающих дух времени и стремления нового поколения. В преддверии существенных изменений в социальной, технологической и экономической сферах, роль и влияние студенческой молодежи только усиливаются [3; 4].

В феврале 2024 года автором проведено исследование методом анкетного опроса для исследования перспектив образа жизни студенческой молодежи. Этот метод позволяет собрать данные от большого числа участников одновременно, что делает его эффективным для исследований больших выборок. Было опрошено 120 студентов МАИ (63% — мужчины, 37% — женщины), чтобы выяснить их мнения о будущем образе жизни. Это позволило нам понять их ценности, ожидания и опасения относительно будущего, а также определить, какие технологии и инновации окажут наибольшее влияние на их жизнь.

Опрос показал, что ценности играют важную роль в жизни молодежи, помогая определить, что для них по-настоящему важно, служа компасом в современном информационном мире. Они формируют мировоззрение и личную идентичность молодых людей. Респонденты выделили три приоритетные ценности для студентов в будущем: 1) саморазвитие и обучение (83%), что подразумевает постоянное стремление к новым навыкам и знаниям для конкурентоспособности и удовлетворения от самореализации; 2) гибкость и мобильность работы (62%), обусловленные развитием информационных технологий и возможностью удаленной работы, что позволит лучше управлять временем и сочетать работу с учебой; 3) финансовая стабильность (59%), которая обеспечит уверенность в будущем, позволит более успешно справляться с экономическими колебаниями и сохранять финансовые активы.

Подавляющее большинство опрошенных будущих инженеров считают, что главное отличие университетов будущего от нынешних заключается в более интерактивных и доступных учебных материалах (66%). Они отмечают, что учебные материалы будут виртуализированы и встроены в виртуальную и дополненную реальность, позволяя студентам погружаться в виртуальные миры и взаимодействовать с трехмерными моделями и интерактивными симуляциями в рамках онлайн-образования [2]. Другим отличительным аспектом, отмеченным 57% студентов, является автономное обучение. В будущем, автономное обучение будет достигать новых высот благодаря виртуальной и дополненной реальности, персонализированным учебным программам и использованию искусственного интеллекта для предоставления персонализированных материалов [1]. Из абсолютно нового, что появится в будущих университетах, студенты отметили появление роботов и автоматизированных систем в практическом обучении (56%), что приведет к еще более глубокому внедрению технологий в образовательный процесс.

Большинство опрошенных также выразили уверенность в том, что технологические хобби станут неотъемлемой частью их жизни (62.9%). Среди самых популярных хобби выделяются программирование, создание виртуальных миров и моделирование 3D-объектов. Эти увлечения они видят в тесной связи с мощными компьютерными технологиями, доступными в наше время. В то же время, респонденты (59,7%) предполагают, что традиционные формы отдыха и общения будут сочетаться с передовыми технологиями. Они утверждают, что технологии виртуальной реальности позволят переживать приключения, не выходя из дома, но при этом сохранится ценность традиционных встреч и общения. Студенты выделили ожидаемые изменения и в сфере спорта (59%). Вопросы о беспилотных автомобилях и популярности eSports поднимаются в обсуждении, однако традиционные виды спорта останутся актуальными и будут дополнены современными технологическими инновациями.

Подводя итоги нашего исследования о студенческой жизни в будущем, мы видим, что современные студенты прогнозируют глубокие изменения, пересматривая роль университетов и значимость образования в своей жизни. Они выражают интерес к инновациям и ценностям, связанным с саморазвитием и подготовкой к вызовам современного мира. Образование становится неотъемлемой частью их жизни, а идея сочетания обучения с работой приобретает широкое распространение, отражая предпринимательский дух студентов и их стремление к финансовой стабильности. Вместе с тем, они активно ищут новые способы общения и связи, ориентируясь на мировые технологии и сетевые возможности. Традиционные представления об учебных оценках и материалах пересматриваются в контексте сертификации компетенций, подчеркивая практическую значимость знаний. В свободное время студенты все более увлекаются различными технологическими хобби, но при этом сохраняют интерес к традиционному общению и отдыху, стремясь к гармонии между виртуальным и реальным мирами. В целом, студенты будущего ориентированы на инновации, обучение и разнообразие опыта, что является ключевыми характеристиками их образа жизни в будущем, адаптируясь к изменяющемуся миру и принимая вызовы времени.

Список используемых источников:

1. Антонова Д.А., Оспенникова Е.В., Спирин Е.В. Цифровая трансформация системы образования. Проектирование ресурсов для современной цифровой учебной среды как одно из ее основных направлений // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании. 2018. № 14. С. 5–37.
2. Коган Е.А. К вопросу о перспективах внедрения онлайн-образования в техническом вузе// Инновации в образовании. 2019. №10. С.72–78.
3. Крюкова О.С. и др. Образ жизни студенческой молодежи в современном обществе //Современные проблемы образования. 2021. Том 5. С. 56–72.
4. Лебедева Н.Н. Трансформация образа жизни студентов в контексте технологического прогресса» // Социально-гуманитарные аспекты развития общества. Издательство «Проспект», 2018. С. 76–90.

Особенности формирования экологической культуры студентов авиационного вуза

Гутарова В.С.

Научный руководитель — Старчикова И.Ю.

Ступинский филиал МАИ, Ступино

Вопросы экологического образования студенческой молодежи являются актуальными в преддверии проведения 2024 года Годом экологии. Данное решение было принято странами участниками Шанхайской организации сотрудничества (далее ШОС) в октябре 2023 г. Студенческая молодежь, как элита Российского общества, имеет большой потенциал в экологическом волонтерстве, которое неразрывно связано с решением вопросов по охране окружающей среды, загрязнением воздуха и воды, сохранением биологического разнообразия на планете, адаптации к изменению климата и смягчению его последствий.

Сегодня маевцы активно поддерживают одно из новых направлений внеучебной работы филиала, связанного с экологическим волонтерством. Ежегодно в весенний период маевцы организуют разнообразные экологические акции на природе с целью привлечения студенческой молодежи к мероприятиям по охране окружающей среды и проведению совместной работы по облагораживанию прибрежных территорий около реки Оки, городских прудов, Ступинского котлована, на озере Резвань, находящихся в нескольких километрах от города. Студенты собирают мусор в мешки, складировать их в специально отведенные места для вывоза специальными службами, занимающимися переработкой отходов.

Студенты МАИ решили приурочить ко Всемирному дню защиты окружающей среды, проводимому 5 июня, акцию «Общеобластной плоггинг» в рамках проекта «ЭкоЛогичное Подмосковье». Слово плоггинг пришло к нам из шведского языка и переводится как бег трусцой со сбором мусора. За рубежом и в нашей стране данное социологическое явление набирает популярность, поскольку сочетает в себе как сбор мусора, так и ежедневную физическую нагрузку при наклонах и сборе мусора.

Кроме этого, в летний период перед началом учебного года студенты филиала приняли участие в закладке «Аллеи дружбы» на пустыре возле Ступинского «Храма Всех святых на земле Российской просиявших». Храм был построен недавно на деньги горожан и привлек внимание студенческой молодежи своим неухоженным видом. Студенты совместно с другими участниками данной акции (депутаты Совета Депутатов и члены Общественной палаты городского округа Ступино) посадили кусты сирени сорта «Московская красавица». В общей сложности акция охватила своим участием более 50 человек.

В середине осени 1 октября, студенты филиала МАИ участвовали в еще одной экологической акции «Наш лес. Посади свое дерево». Проведение данной акции было связано с инициативой губернатора Подмосковья Андрея Воробьева, которая стартовала еще в 2013 году. На лесных площадках студенческая молодежь совместно с жителями города высаживали саженцы сосны, ели, дуба, а на муниципальных территориях — саженцы декоративных и фруктовых деревьев, а также кустарников. Главная площадка экологической акции в городе развернулась на улице Чкалова.

Сегодня волонтеры из МАИ проводят ряд эколого-просветительских мероприятий среди школьников Ступинского района по вопросам охраны и защиты окружающей среды. Экологическая акция «Школьный Аптекарский огород» была проведена совместно со школьниками СОШ №5 в мае 2022 года. В данной школе был организован научный кружок «Шаг в науку», где ребята познакомились с экологическим просвещением и эко-волонтерством, участвовали в акциях и в ежегодно-проводимой научно-практической конференции «Колачевские чтения», представив свои научные доклады благодаря работе преподавателей и студентов СФ МАИ в данном кружке.

На основе систематизации развития экологического волонтерства и повышения экологической грамотности студенческой молодежи возможно привлечь внимание подрастающего поколения к проблемам окружающей среды, к их решению и устранению негативных последствий человеческой деятельности в природоохранных зонах страны. В результате изучения данной темы можно сделать вывод о том, что экологическое

просвещение, экологическое волонтерство, экологическая грамотность студентов технического вуза являются отправной точкой для желания молодого поколения помочь своей планете выздороветь и обрести человечеству возможность жить в гармонии с природой.

Список используемых источников:

1. Старчикова, Е. С. Экологическое образование в условиях российских реалий / Е. С. Старчикова // Актуальные проблемы формирования здорового образа жизни студенческой молодежи: Сборник материалов XIV международной межвузовской научно-практической конференции, Смоленск, 12 апреля 2023 года / Под редакцией Т.М. Соколовой, М.Г. Куликовой. — Смоленск: Универсум, 2023. — С. 338–341.
2. Старчикова И.Ю., Белова С.Б. Инновационные образовательные технологии в формировании экологической культуры студентов / И.Ю. Старчикова, С.Б. Белова // Перспективы науки. 2022. № 4 (151). С. 219–221.

Социальные сети, как механизм воздействия на современную политику

Карпюк Д.А.

Научный руководитель — Незведова С.А.

МАИ, Москва

Социальные сети, в настоящее время, можно считать одним из самых глобальных и наиболее посещаемых «третьих мест». В соответствии с характеристиками «третьих мест» по Р. Олденбургу, социальным сетям характерны нейтральность, уравнивание, коммуникативность, доступность, наличие завсегдатаев, неприметность. Что делает социальные сети «важными политическими форумами», актуализирующими слабые сетевые связи, влияющие на коммуникацию в обществе, то есть между электоратом различных политиков.

В соответствии с исследованиями Global Digital 2022, из 145,9 млн человек населения Российской Федерации на 2022 год, доступ в интернет имеют 129,8 млн (89,0%) человек, 106,0 млн (72,7%) человек активно пользуются социальными сетями. В среднем россиянин ежедневно проводит 2 часа 27 минут в социальных сетях, а 51,27 млн человек активно читают новости. Только за 2021 год количество пользователей соцсетей в России увеличилось на 7 млн (+7,1%).[1] Самыми популярными социальными сетями являются VK 75,3%, WhatsApp 71,5%, Telegram 64,4% (% — от числа пользователей социальных сетей) [2].

Следуя за электоратом, политические деятели начали активно вести социальные сети. Так, по данным автономной некоммерческой организации «Диалог», на конец 2022 года 2011 из 2384 (84%) глав муниципалитетов и городов ведут свои социальные сети, когда на конец 2021 года вело лишь 14%. Около 70% глав городов и районов за один год начали вести социальные сети. Кроме того, 86 из 89 глав субъектов РФ также имеют аккаунты в социальных сетях.[3] Из 450 депутатов государственной думы РФ социальные сети ведут 395 (87,7%) депутата [4].

На основе представленных данных видно, что социальные сети представляют коммуникативный механизм, который связывает большую часть политиков и населения РФ. Социальные сети предоставляют механизм для «прямого» общения политика со своим электоратом, с электоратом политических соперников и с относительно незаинтересованными людьми, посредством специфического механизма распространения информации в социальных сетях через «лайки» и «репосты».

Являясь аккумулятором политически активного населения, а также населения, которое в скором времени станет таковым (подростки до 18 лет), социальные сети, в настоящее время, механизм сплочения и увеличения электората для уже действующих политиков, а также механизм формирования электората для новых политических деятелей.

Кроме механизма сплочения, формирования электората, социальные сети также являются механизмом воздействия на политическую жизнь страны. Данный механизм раскрывается с двух сторон: с положительной, в виде вовлечение населения в политическую жизнь страны и предоставление большого количества различной политической информации, и с отрицательной, в виде феномена «фейков», из-за которого распространяется непроверенная и заведомо ложная информация.

Фрагментарное мышление в совокупности с «клиповым мышлением» влечёт за собой доверие к недостоверной информации и распространение политических и иных «фейков» в социальных сетях, в зависимости от «скандальности» информационного повода. «Фейки» оставляют свой след и влияние на общее видение политической жизни молодёжи, что влечёт формирование мобилизационного ресурса для создания политической нестабильности.

Таким образом, социальные сети являются механизмом влияния на политику государства как с положительной стороны, в виде консолидации и информирования общества об политической жизни, так и с отрицательной стороны, в виде распространения ложной информации, формирования протестного мобилизационного ресурса, а также координации незаконных демонстраций и массовых беспорядков.

В современной политике социальные сети стали механизмом воздействия на политическую жизнь и политические взгляды граждан, посредством публикации различных сообщений и материалов, содержащих «необходимую» публикатору информацию, направленных на вызов у граждан желаемой реакции и изменение общественного мнения, через которое происходит хоть и опосредованное, но, в зависимости от масштаба «общественного резонанса» и вызванного им общественного давления, ошутимое воздействие на политические решения.

Таким образом, способность контролировать и влиять на социальные сети, становится необходимостью для поддержания политической стабильности в стране.

Список используемых источников:

1. Интернет в России в 2022 году: самые важные цифры и статистика // WebCanape URL: <https://www.web-canape.ru/business/internet-v-rossii-v-2022-godu-samy-e-vazhnye-cifry-i-statistika/> (дата обращения: 25.02.2024).

2. Digital 2023: статистика аудитории интернета и соцсетей в России // PR.STUDENT URL: <https://www.prstudent.ru/research/digital-2023-statistika-auditorii-interneta-i-socsetej-v-rossii> (дата обращения: 25.02.2024).

3. Названо количество пользователей соцсетей среди глав муниципалитетов и городов // LENTA.RU URL: <https://lenta.ru/news/2022/11/10/socseti/> (дата обращения: 25.02.2024).

4. Эксперты проанализировали активность российских депутатов в соцсетях // ГАЗЕТА.RU URL: <https://www.gazeta.ru/politics/news/2023/08/18/21096692.shtml#:~:text=Суммарная%20аудитория%20парламентариев%20составляет%20почти,«Одноклассники»%2C%20Telegram%2C%20«Дзен»%20и%20RuTube> (дата обращения: 25.02.2024).

Представления студентов технического вуза о влиянии искусственного интеллекта на человека

Коробкова А.В.

Научный руководитель — доцент, к.соц.н. Коган Е.А.

МАИ, Москва

В настоящее время искусственный интеллект становится неотъемлемой частью нашей повседневной жизни. Во многие сферы деятельности, начиная от медицины и производства, заканчивая транспортом и развлечениями, внедряются технологии искусственного интеллекта. Одной из сфер, где искусственный интеллект имеет значительное влияние, является область инженерии — автоматизация и оптимизация процессов производства. Искусственный интеллект (ИИ) может улучшить процессы производства, увеличить эффективность работы роботов и автоматических систем, а также помочь в принятии решений на основе больших объемов данных. Это позволяет снизить затраты и увеличить производительность, что в свою очередь может привести к экономическому росту. Если получить представление о том, насколько активно искусственный интеллект участвует в нашей жизни, можно держать под контролем роботизацию общества. Искусственный интеллект активно внедряется и в сфере образования, предоставляя новые возможности обучения [2]. В связи с этим данная тема приобретает все большую актуальность в современном обществе [1; 3].

В декабре 2023 года автором проведено исследование методом анкетного опроса, основной целью которого было выявление представлений студентов МАИ о влиянии развития искусственного интеллекта на человека. В качестве респондентов выступил 201 студент МАИ (69% — мужчины, 31% — женщины).

Опрос показал, что участники опроса уже сейчас используют технологии искусственного интеллекта в различных областях и для своих конкретных задач (69,7%). Среди них были те, кто ответил, что используют такие методы в учебе (сколько процентов?). Треть опрошенных никогда не использовали ИИ в своих целях (30,3%).

Результаты показали, что среди студентов, принимавших участие в исследовании, только 2% были настроены против современных технологий, в частности, нейросетей, остальные 98% относятся к ним нейтрально или положительно. Положительных ответов оказалось больше (сколько процентов?), это означает, что многие молодые люди доверяют искусственному интеллекту.

Одним из важнейших вопросов был связан с тем, в каких отраслях развитие технологий искусственного интеллекта будет более востребованным, относительно других. Абсолютным лидером (77,6%) стала IT-сфера, что ожидаемо, поскольку развитие этого направления напрямую связано с программированием, одно зависит от другого. На втором месте оказалась бизнес-сфера (43,7%).

Не менее важный вопрос был о том, как люди будут общаться между собой в будущем с учетом стремительно развивающихся технологий. Из опроса видно, что прогресс не стоит на месте, и уже большинство предпочитает общаться в социальных сетях или мессенджерах (39,8%), однако, стоит заметить, что многим по душе и традиционное общение (35,3%). Некоторые также считают, что люди будут общаться при помощи программ, позволяющих вести веб-конференции (22,3%).

В ходе исследования было выявлено, готовы ли будут молодые люди тратить свои финансовые средства на развитие ИИ технологий. Большинство из них ответили, что они были бы готовы, однако значительная часть из них предпочли бы это делать в будущем, а не сейчас. Чуть больше трети опрошиваемых (36,8%) отказались вкладывать свои средства, вероятно, боясь непредвиденных ситуаций.

Развитие технологий происходит достаточно быстро, поэтому необходимо задумываться о вероятных исходах и последствиях уже сейчас, когда процессы находятся только на стадии разработки. В таких случаях важно быть гибкими. Опрос показал, что большая часть опрошенных студентов готовы принимать новые «продукты» и реализации инженерных мыслей и уже используют их ранние разработки. Исследование выявило, что студенты понимают положительные стороны использования нейросетей и технологии искусственного интеллекта, но опасаются негативных последствий, таких как потеря в будущем рабочих мест или сбор конфиденциальных данных.

Список используемых источников:

1. Глуздов Д.В. Перспективы преодоления противоречий развития искусственного интеллекта// Философия и культура. 2023. № 4. С. 205–216.
2. Коган Е.А. К вопросу о перспективах внедрения онлайн-образования в техническом вузе// Инновации в образовании. 2019. №10. С.72–78.
3. Семина Т.В., Го Вэй. Воздействие технологий искусственного интеллекта на социальные отношения// Социология 2022. № 3. С. 173–178.

А. Т. Болотов — русский учёный-агроном эпохи просвещения

Курбакова В.А.

Научный руководитель — доцент, Мощенок Г.Б.

Ступинский филиал МАИ, Ступино

О жизни Андрея Тимофеевича Болотова, как о земляке, просветителе XVIII века, я узнала, посещая Ступинский краеведческий музей, где хранится часть его трудов о сельском хозяйстве, а также самая известная его работа — «Жизнь и приключения Андрея Тимофеевича Болотова». Я очень горжусь тем, что Андрей Тимофеевич, выдающийся русский просветитель, ученый-агроном, радел о благе Отечества, совершенствуя методы ведения

сельского хозяйства на моей малой Родине, в Ступинском районе Подмосковья, в селе Киясово.

Именно поэтому, я решила рассмотреть и рассказать студенческой молодежи о жизни и деятельности Андрея Тимофеевича Болотова, чье имя может быть незнакомо подрастающему поколению.

В 2023 году мы отметили 285 лет со дня рождения великого русского ученого-энциклопедиста А. Т. Болотова. Его выдающиеся заслуги «по агрономии, плодоводству, лесоводству, ботанике», а также философии и литературе повлияли на развитие нашего государства. Его непрестанный труд, постоянная мыслительная работа, дороги нашим соплеменникам. Его образ Деятеля как никогда современен.

Именно в век «света» появился и получил известность Болотов, рожденный 7 октября 1738 года в родовом имении в деревне Дворянинова Алексинского уезда Тульской губернии. Потеряв рано родителей, он занимался саморазвитием и самореализацией. В 1755 году он поступил на действительную военную службу, был квартирмейстером и ротным командиром. В 1756–1763 годах он на полях Семилетней войны. С 1757 по 1761 находился в Кёнигсберге, где служил переводчиком у военного губернатора восточной Пруссии. Много читал, изучал философию и естественные науки, а также посещал лекции преподавателей местного университета. В 1761 году он был переведён в Петербург. По указу Петра III «О вольности дворянства», он подал в отставку и поселился в своем имении в Дворянинове, чтобы заняться любимым делом. Андрей Тимофеевич всецело посвятил себя сельскохозяйственной, научной и литературной деятельности.

В 1765 году Болотов стал участником Вольного Экономического обществ. Он активно писал статьи, среди которых была и его работа «О разделении полей», написанная в 1771 году. В ней было предложено введение широкого севооборота, а также рассматривался вопрос об определении приемов возделывания культурных растений, принимая во внимание местные природные условия. Для распространения идей о развитии сельского хозяйства появились журналы: «Сельский житель» (1778–1779 гг.), и «Экономический магазин» (1780–1790 гг.), работу над которым он вел совместно с Николаем Ивановичем Новиковым. Позднее он написал свой уникальный труд — «Изображение и описание разных пород яблонь и груш», для которого сделал множество акварельных рисунков.

Стремление к новым открытиям помогли Болотову стать первым русским ученым-помологом, давшим более 600 описаний сортов яблонь и груш. Благодаря его наблюдениям и исследованиям было описано явление дигогамии (перекрестное опыление), подразумевавшее разделение растений на мужской и женский род.

Отдельная заслуга Болотова в том, что именно он стал инициатором выращивания картофеля на огородах, тем самым положив начало массовому распространению по России данного растения. Ключевую роль сыграла и его статья «О разведении картофеля» (1770 г.), в которой он отдельно описал процесс выращивания данного вида. А. Т. Болотов проводит различного рода опыты, позволившие вывести теорию минерального питания растений, на много лет опередившая достижения европейской науки.

Благодаря своим наработкам, проведенным в области сельского хозяйства, Болотову было поручено управление имениями Екатерины II в Киясовской области (ныне Ступинский район), в Богородицке и Бобриках (имение ее сына, графа Алексея Григорьевича Бобринского. Незаконно рожденный, он получил фамилию по названию имения Бобрики, Тульской губернии). Именно в Богородицке Болотов продолжил изучать аграрное хозяйство.

А. Т. Болотов реализовывал свои идеи и задумки, благодаря чему будущие поколения будут помнить его и чтить всегда.

Список используемых источников:

1. Знаменитые династии России. Родословная Бобринских//Еженедельное издание., 2014. Вып. 40. 5 с.
2. Болотов А.Т. О сажании и размножении картофеля//1770. — С. 1–48
3. Биография А.Т. Болотова. — Тула: АССОД, 1997. — С. 32

Теория понимания в мире искусственного интеллекта как новая герменевтика

Мелкова А.А., Попова С.Е.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

В представленной работе рассматривается ряд проблем связанных с традиционно философской рефлексией понимания. Например, спрашивается в духе философских текстов логического позитивизма, Б. Рассела или Л. Витгенштейна, что я знаю, когда я что-либо знаю? Или вопросы философов-тружеников Средних веков, как понимать слова спасителя, или слова древних манускриптов — это был действительно невероятный труд, с вознаграждением в виде обещаний. Нас здесь интересует не техническое устройство машин (машина, кстати, как и *deus ex machine* появилась в Средние века), а видоизменение понимания как проблемы человеческого разума. Как тогда, ок. 1000 лет назад, так и сейчас в 2024 году н.э. человек сталкивается с проблемой «понимания». Тогда для решения этой проблемы, начиная с Северина Бозция, и затем Фомы Аквинского философы обратились к технике, именно к технике понимания, и создали такой технический механизм — как искусство «герменевтики» (т.е. искусство истолкования древних текстов). Это была именно теория понимания сложных текстов (биг дата). Само слово герменевтика первоначально происходит от древнегреческого слова «*hermeneo*», т.е. толкую, объясняю, истолковываю. Поэтому как тогда, так и в наше время философы вновь и вновь обращаются к проблеме понимания как к новой «герменевтике». Нам кажется, мы предполагаем, что человек в современном мире вновь стоит перед аналогичной проблемой — что же делать с огромным валом информации, как ее истолковывать, как это объяснять (*informans*, означает по-латыни воплощение, воплощенное).

Наше время формировалось с конца XIX — начала XX, и весь XX век. Теория коммуникаций стала оформляться именно в этот период. Это и небывалый рост книгопечатания, газет, радио и телевидения были инспирированы потребностью этой самой герменевтики, как это все объяснить? Очень характерные теории были созданы в начале XX века это теория Б. Рассела, затем и Людвиг Витгенштейна, «Логико-философский трактат» 1921. В 1931 году Курт Гёдель выдвигает свою первую теорему, которая в упрощенной формулировке «Во всякой достаточно сложной непротиворечивой математической теории существуют утверждения, являющиеся одновременно недоказуемыми и неопровержимыми». И на протяжении всего XX века дискуссии вокруг истолкования этой теоремы о неполноте высказываний о мире велись в рамках философии математики.

Таким образом, мы обнаружили, что опять но уже в наши дни, философия в соединении с математикой, то выстраивая «сильную» теорему Гёделя, и «континуум-гипотезу», что «существуют ли множества, элементов в которых слишком много, чтобы пронумеровать их натуральными числами, и слишком мало — чтобы каждому вещественному числу можно было сопоставить отдельный элемент»? Как доказал Гёдель в 1940 году континуум-гипотезу нельзя опровергнуть. Эта модель представляет собой мир всех множеств.

Теория понимания продолжила активно развиваться в области философии, исследуя процессы и механизмы понимания, а также его роль в формировании знания и интерпретации мира. Вот несколько ключевых направлений развития теории понимания в философии: 1) Феноменология и герменевтика: В феноменологии и герменевтике в последнее время активно изучается понимание как фундаментальный философский процесс, связанный с интерпретацией и осмыслением мира. Философы, такие как Мартин Хайдеггер, Ханс-Георг Гадамер, Пауль Рикер и другие, развивали теории понимания, утверждая, что понимание является ключевым элементом постижения реальности; 2) Язык и понимание: Философы языка и смысла, такие как Дональд Дэвидсон, Пол Грис и другие, исследовали связь между языком и пониманием, пытаясь понять, как языковые структуры влияют на понимание и интерпретацию мира.

Список используемых источников:

1. Винер Н. Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине. М., 1958.

2. Гегель Г.В.Ф. Наука логики. СПб., 1997.

3. Кричевец А.Н. Аргумент неустрашимости Куайна-Патнэма, непостижимая эффективность математики и жизненный мир // Математика и реальность. Труды Московского семинара по философии математики / под ред. В.А. Бажанова, А.Н. Кричевца, В.А. Шапошникова. — М.: Издательство Московского университета, 2013. С. 162–178.

4. Шевцов А.В. Классические и неклассические логики в историко-философском аспекте: учебное пособие. — М.: ИНФРА — М, 2020.

Значение философии космизма для развития космической медицины

Николаева В.А., Анисимова А.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Хасиева М.А.

МАИ, Москва

Космическая медицина — одна из наиболее многообещающих и важных отраслей современной медицины. Хотя она непосредственно специализируется на лечении и поддержке здоровья космонавтов, ее роль для развития земной медицины сложно переоценить. Основные особенности космической медицины связаны с невозможностью непосредственного контактного осмотра пациента в условиях полета, и, в следствие этого, с необходимостью разработки дистанционных методов осмотра, диагностики и лечения. Именно поэтому космическая медицина активно способствует развитию телемедицины, то есть использованию компьютерных технологий для передачи медицинской информации и обощения пациента и врача.

Технологии и устройства, разрабатываемые в рамках космической медицины, активно применяются в современной земной медицине, например, в области профилактики и лечения остеопороза и тромбофилических состояний у пациентов. Костюм аксиального нагружения, изначально предназначенный для космонавтов, в настоящее время активно используется в земной терапии двигательных нарушений и реабилитации пациентов.

В 2019–2020 годы, в условиях пандемии COVID-19 опыт длительного пребывания космонавтов в условиях ограниченного пространства и вынужденного снижения двигательной активности был использован для разработки рекомендаций по поддержанию здоровья людей в условиях самоизоляции. Космические технологии применялись также и для лечения осложнений, вызванных коронавирусом: например, кислородно-гелиевые смеси, применяемые в космических полетах, использовались для лечения внебольничных пневмоний, вызываемых COVID-19. Таким образом, космическая медицина является передовой, инновационной областью современной медицины, в значительной степени способствуя развитию медицины в целом.

Большое значение в развитии космической медицины сыграла философия космизма. Философия космизма — религиозно-философское и естественно-научное направление в русской философии, занимающееся рассмотрением вопроса о коэволюции космоса и человеческой цивилизации, вопроса о роли человека в космосе, представлений об освоении космоса. Космизм связывают именно с русской философией, поскольку именно в России он получил свое настоящее развитие, оказав значительное влияние на развитие космонавтики и освоение человеком космоса.

Родначальником философии космизма считают Н.Ф. Федорова, философа 19 века. Федоров известен своей книгой «Философия общего дела», где представил свое видение дальнейшего развития человечества. Он не только предсказал развитие самолетостроения и авиации в ближайшем будущем, но и сформулировал проекты по расселению человечества за пределы Земли, а также поэтапного достижения человеком бессмертия. Рассуждая о развитии человечества, Федоров отмечает, что каждый человек обязан жизнью своим предкам, которые заботились о своих детях, чтобы те смогли продолжить жизнь в своих потомках, а значит, заботиться лишь об улучшении своей жизни, не пытаясь вернуть к жизни предыдущие поколения, было бы проявлением эгоизма [3]. Ключ ко всеобщему благоденствию будущего человечества Федоров видел в союзе религии и науки, веры и разума.

Еще один выдающийся космист, представитель естественно-научного направления космизма — ученик Н.Ф. Федорова, К.Н. Циолковский. Он известен не только как «отец» ракетостроения, но и как плодовитый философ, представивший в своих трудах подробные проекты по колонизации космоса. Циолковский также внес весомый вклад в развитие космической медицины, одним из первых поставив вопрос о воздействии условий открытого космоса на человеческий организм, а также предложив возможные решения проблем, неизбежно возникающих при полетах человека за пределы атмосферы. Например, в своей статье «Цели звездоплавания» 1929 года Циолковский рассуждал о последствиях нахождения человека в безгравитационном пространстве. Циолковский описывал в своих статьях многие проблемы, с которыми впоследствии столкнулась космическая медицина. И формулировал свои предложения по решению этих проблем. Например, в статье «Исследование мировых пространств реактивными приборами» привычное для человека воздействие силы тяжести Циолковский предлагает заменить на центробежную силу, создавая ее на борту за счет конструкции корабля, который должен постоянно вращаться в процессе движения [4].

Современная космическая медицина воплощает в себе основные инновационные тенденции будущего, включая технологии телемедицины, подходы донозологической диагностики (распознавание болезни, которая еще не проявилась, но может развиваться при текущих условиях жизни пациента), профилактика заболеваний до появления выраженных симптомов. По многим основаниям космическая медицина является настоящей медициной будущего. При этом развитие космической медицины во многом было предопределено идеями философии космизма, предрекшей эру освоения космоса еще в 19 веке. Важнейшей характерной чертой которого является целостность, всеобщность мировосприятия, определение человека в его неразделимой связи с окружающим миром и другими людьми.

Список используемых источников:

1. Копанев В. И. Значение идей К. Э. Циолковского в становлении и развитии космической медицины/Биологический бюллетень Акад. наук СССР.1979,6(6). С. 764–771.
2. Хайруллин К.Х. Философия космизма. Научное издание. Казань, 2003. 370 с.
3. Хасиева М.А. Проблема человека в контексте истории технологического утопизма // Общество: философия, история, культура. 2023, №3. С. 106–110
4. Циолковский К. Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами / К. Циолковский. — Переизд. работ — Калуга, 1926.

Влияние научно-технического прогресса на развитие искусственного интеллекта

Пыринов А.Е., Кривун К.В.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Шевцов А.В.

МАИ, Москва

Прогресс в науке и технике представляет собой непрерывный процесс развития и усовершенствования технологий, научных знаний и инноваций, что приводит к появлению новых продуктов и услуг, а также улучшению уже существующих. Благодаря этим достижениям человечество добилось значительных успехов в различных отраслях, включая медицину, космонавтику, информационные технологии и другие. Искусственный интеллект (ИИ) является одним из результатов этого прогресса и представляет собой систему, способную выполнять задачи, ранее считавшиеся возможными только для человека. ИИ может применяться для распознавания образов, обработки естественного языка, принятия решений и многих других задач. С развитием технологий и накоплением огромного объема данных ИИ становится все более точным и эффективным, что позволяет ему эффективно работать с большими объемами информации.

С точки зрения диалектики Гегеля, немецкого философа 19 века, научно-технический прогресс нужно рассматривать как процесс, который постоянно развивается и изменяется через противоречия и взаимодействия. В своей диалектической философии Гегель рассматривал реальность как динамическую систему, которая постоянно меняется и

развивается. Концепция Гегеля «мирового духа» напоминает систему искусственного интеллекта, все подчинено в мире этому всемирному Духу, а от людей ничего не зависит. Это можно отнести и к искусственному интеллекту, аналог ИИ. Это напоминает некоторые принципы работы ИИ, который сегодня использует алгоритмы для обработки данных и принятия решений на основе математических моделей.

С другой стороны, расширение области применения искусственного интеллекта может вызвать ряд этических проблем, включая утрату рабочих мест, нарушение конфиденциальности и этические дилеммы. Например, автоматизация процессов может привести к сокращению трудовых позиций, особенно в тех отраслях, где ручной труд был основным источником дохода. Дополнительно, использование искусственного интеллекта для анализа больших объемов информации о людях может привести к нарушению их конфиденциальности и индивидуальных прав.

В целом, воздействие научно-технического прогресса на развитие искусственного интеллекта представляет собой сложный и многогранный процесс, который требует тщательного изучения и анализа. Для снижения возможных негативных последствий необходимо разрабатывать и внедрять этические стандарты и нормы использования искусственного интеллекта, а также контролировать его применение в различных областях общества. Кроме того, важно проводить образовательные программы, чтобы общество имело представление о возможных рисках и знало способы их предотвращения.

Список используемых источников:

1. Винер Н. Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине. М., 1958.
2. Гегель Г.В.Ф. Наука логики. СПб., 1997.
3. Зайцев Д.В. Моделирование диалога с публичными объявлениями // Логические исследования. 2015. №21.
4. Шевцов А.В. Классические и неклассические логики в историко-философском аспекте: учебное пособие. — М.: ИНФРА — М, 2020.

Принципы управления муниципальной авиационной собственностью

Розкош А.С.

Научный руководитель — Михайлова Е.О.

МАИ, Москва

Авиационная муниципальная собственность в РФ представляет собой совокупность объектов и прав, принадлежащих муниципальным образованиям и используемых для обслуживания гражданской авиации. К таким объектам относятся аэропорты, воздушные полосы, наземные сооружения, оборудование и другие элементы инфраструктуры, необходимые для функционирования авиационной системы.

Основными особенностями авиационной муниципальной собственности в РФ являются:

1. Государственное управление. Авиационная муниципальная собственность подлежит государственному управлению и контролю. Правовую основу данного вида управления составляют акты Министерства транспорта РФ, Федеральное агентство воздушного транспорта и региональные органы власти.
2. Регулирование деятельности. Данный вид регулирования включает в себя: лицензирование, сертификацию, надзор и контроль за деятельностью аэропортов и других объектов авиационной инфраструктуры.
3. Финансирование и инвестиции. Финансирование осуществляется за счет бюджетных средств, доходов от коммерческой деятельности аэропортов, а также за счет привлечения инвестиций.
4. Партнерство и сотрудничество. Развитие авиационной муниципальной собственности требует сотрудничества и партнерства между государственными органами, муниципальными образованиями, аэропортами, авиакомпаниями и другими заинтересованными сторонами. Только через взаимодействие и координацию усилий можно достичь эффективного управления и развития авиационной инфраструктуры.

5. Безопасность полетов. Одной из основных задач авиационной муниципальной собственности является обеспечение безопасности полетов. В РФ существуют строгие правила и нормативы, регулирующие безопасность авиационных операций. Органы государственной власти осуществляют контроль и надзор за соблюдением этих правил.

6. Развитие региональной авиации. Авиационная муниципальная собственность играет важную роль в развитии региональной авиации. Муниципальные аэропорты обеспечивают связь между удаленными регионами страны, способствуя развитию экономики, туризма и социальной сферы.

Постоянное совершенствование и развитие авиационной муниципальной собственности являются неотъемлемой частью стратегии развития авиационной инфраструктуры и обеспечения интересов граждан и экономики страны.

Управление авиационной муниципальной собственностью включает в себя ряд принципов, которые направлены на обеспечение эффективности, прозрачности и устойчивости функционирования авиационных объектов, а также на улучшение качества предоставляемых услуг и обеспечение безопасности полетов.

Во-первых, одним из основных принципов управления авиационной муниципальной собственностью РФ является принцип государственного регулирования, заключающийся в государственном контроле и регулировании деятельности авиационных объектов (для обеспечения стандартов безопасности и требований к качеству предоставляемых услуг).

Во-вторых, не менее важным является реализация принципа эффективности. Авиационные объекты должны обеспечивать высокое качество предоставляемых услуг. Для этого должны применяться современные технологии, позволяющие эффективно использовать финансовые, технические и человеческие ресурсы.

В-третьих, одним из ключевых является принцип прозрачности. Работа авиационных объектов должна быть прозрачной и доступной для общественности. Он подразумевает не только доступность информации о деятельности авиационных объектов (в соответствии с требованиями авиационной безопасности), но и обеспечение открытых конкурсов и тендеров при заключении контрактов и соглашений, а также учет и контроль использования бюджетных средств.

В-четвертых, развитие авиационной сферы невозможно без реализации принципа устойчивости. Для этого необходимо разрабатывать и реализовывать стратегии и программы развития, а также обеспечивать финансовую устойчивость и эффективное использование ресурсов. Важно также учитывать экологические аспекты и обеспечивать устойчивое использование природных ресурсов.

Из этого принципа вытекает пятый принцип управления авиационной муниципальной собственностью — принцип непрерывного совершенствования. Непрерывное совершенствование включает в себя обучение и развитие персонала, а также внедрение новых технологий и инноваций, основанных на анализе результатов работы авиационных объектов.

Соблюдение этих принципов позволит обеспечить эффективное и устойчивое функционирование авиационных объектов, повысить качество предоставляемых услуг и обеспечить безопасность полетов.

Список используемых источников:

1. Андрианов Ю. В., Комаров В. В. Объекты транспортной инфраструктуры: категориально-понятийный аппарат // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. — 2016. — № 5 (66). — С. 51–55.

2. Андрианова Н. В. /Организационно-экономические механизмы управления федеральным имуществом предприятий воздушного транспорта: дис. — Московский государственный технический университет гражданской авиации, 2007. URL: https://static.freereferats.ru/_avtoreferats/01003397403.pdf (дата обращения: 22.02.2024).

Новые типы ракетно-космической техники в проектировании будущего России

Смолянинов Н.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Безклубая С.А.

МАИ, Москва

Для занятия стратегического положения в современной кризисной ситуации Россия выдвигает разные проекты: от сохранения традиционных ценностей до внедрения технологических инноваций. Поэтому актуально рассмотреть важнейший для нашей страны вектор проектирования будущего — создание новых типов ракетно-космической техники.

Целью исследования является рассмотрение ракетно-космической техники как перспективной отрасли стратегического развития страны. Основная задача состоит в выяснении специфики и сфер применения новых типов ракетно-космической техники.

В области проектирования будущего нашему государству важно управлять рисками в установлении мотивов и целей, в распределении ресурсов (человеческих, геополитических, технических, природных). Проектная составляющая в современной России совершенствуется, но не всегда может конкурировать с проектной сферой высокопроизводительных отраслей мировой экономики. Причины очевидны: сосредоточение большей части ресурсов в руках мирового олигархата; различие культур в представлении о будущем (конспирологическое, детерминистское, диалектическое); разные темпы модернизации. Наличие благоприятных условий также не гарантирует проекту реализации, если такой проект вступает в противоречие с ходом мирового развития или не попадает в ведущий тренд.

Проектирование в ракетно-космической технике определяется поставленными задачами. Так, освоение новых планет требует усовершенствования межпланетных станций (автоматических и пилотируемых); ракет-носителей, осуществляющих доставку и возвращение; мощности каждого отдельного спутника; используемого топлива. Новые типы ракетно-космической техники в России формируются на основе прежних достижений в этой области (спутник; человек в космосе; орбитальные станции; автоматические аппараты на Марсе и Венере; космические корабли «Восток», «Восход», «Союз» и многоразовый корабль «Буран»; ракеты-носители и двигатели к ним с высокими характеристиками — с удельной тягой до 4700 м/с; АМС «Луна-2»). В современной России в области ракетно-космической техники планируются и реализуются проекты будущего: двухступенчатая ракета-носитель «Союз-5» для запуска автоматических космических аппаратов; семейство унифицированных ракет-носителей «Ангара» с кислородно-керосиновыми двигателями и среди них «Ангара – А5» трёхступенная ракета-носитель тяжёлого класса; серия АМС для изучения Луны; астробиологическая программа «ЭкзоМарс»; АМС «Венера-Д» и «Венера-Глоб»; спутники связи и дистанционного зондирования Земли серии «Сфера», которые позволят организовать массовое движение беспилотников как в воздушном пространстве страны, так и на земле.

«Интеграция человека во всё более эффективные космические системы лишь удлиняет ряд вопросов (этического, культурологического, философского, экономического плана), касающихся совершенствования техники в интересах познания и перспективы человека в освоении внеземного пространства, его миссии в космосе» [1]. Главный вопрос — как далеко человеку в ближайшем будущем можно и нужно углубляться в космос. Приоритетным шагом в проектировании новых типов ракетно-космической техники может стать обращение к практической (менее рискованной и затратной) космонавтике: изучению пространства орбиты Земли вокруг Солнца и вблизи неё («Солнечный проект»); освоению ресурсов астероидного пояса и концентрирующегося в околоземном пространстве космического мусора.

Федеральная космическая программа России позволит ей после многолетнего перерыва вернуться к проведению масштабных космических мероприятий. Профессиональная подготовка специалистов в технических вузах страны, в том числе и в МАИ, даст возможность эту программу с честью выполнить.

Список используемых источников:

1. Беззубая С.А. Системное единство культуры: глобализация технологических ресурсов межпланетной экспансии человечества// Философско-методологические, социально-управленческие, исторические аспекты исследования систем. — М.: Логос, 2012. — С. 229
2. Основные положения Федеральной космической программы 2016-2025 [Электронный ресурс]: Роскосмос. — URL: <https://www.roscosmos.ru/22347/> (дата обращения: 03.12.2023).

Заменят ли роботы-гуманоиды людей уже завтра?

Смолянинова М.А., Горбачева Н.В.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Колганов С.В.

МАИ, Москва

Современное общество связано со стремительным технологическим развитием, которое так или иначе подразумевает применение автоматизации и робототехники. С развитием высоких технологий и искусственного интеллекта, многие задачи, которые ранее выполнялись исключительно людьми, сейчас могут быть реализованы роботами. Это значит, что не только физическая энергия человека — работа его рук, — но и работа мозга и нервные реакции переходят к машинам. Но возможно ли полное исполнение человеческих обязанностей роботизированными устройствами?

Обратимся к исследованию, проведенному И.П. Кавиновой. В статье «Философский анализ проблемы взаимодействия человека с роботами-андроидами в форме новой социальности» она предлагает следующий ответ на вопрос замены человека роботами. Во-первых, И.П. Кавинова считает, что они действительно незаменимые помощники во многих сферах человеческой деятельности, особенно в тех областях, где требуется повышенная точность, скорость и стабильность. Однако, рассуждая таким образом, стоит отметить и уникальные возможности человеческого мозга: креативность, воображение и эмпатия, которые не могут быть замещены техническими устройствами.

Во-вторых, Международная организация труда (МОТ) в 2020 году предупредила об уничтожении по всему миру около 8,8% всех рабочих мест из-за автоматизации и роботизации производственных процессов. С одной стороны, цифры небольшие, ведь речь идет о мировом масштабе. А с другой стороны, это свидетельствует о том, что, медленно, но верно, процесс замены человека роботами уже активно влияет на рынок труда. Человек уже ощущает себя все менее значимым не только перед лицом огромных корпораций, но и перед почти самоуправляющимся миром компьютеров, которые думают много быстрее и часто более точно. Так, современные технологии и роботы уже используются во многих отраслях, от производства и медицины до логистики и образования.

Еще совсем недавно физический труд ценился больше, но сегодня потребность уже в интеллектуальном труде увеличивается в геометрической прогрессии. Именно человеческий опыт, высокий уровень знаний, интуиция положили начало успешному внедрению в нашу жизнь роботов-гуманоидов.

Мы уверены, что, несмотря на технологический прогресс, именно человеческий труд был, есть и будет ключевым компонентом процветания. Однако стоит подчеркнуть, что применение новых технологий не обязательно означает автоматическую замену человека, а может привести к созданию новых рабочих мест и более высокооплачиваемых профессий.

Таким образом, роботы могут заменить людей в некоторых сферах деятельности, однако они не смогут полностью заменить человека со всеми его способностями. Важно найти баланс между автоматизацией и сохранением труда человека с его творческими способностями, чтобы обеспечить наибольшую пользу для общества и человечества в целом. Конечно, в наше время необходимо уделять особое внимание развитию высоких технологий, управлению рабочей силой и социальной адаптации, чтобы обеспечить устойчивое и гармоничное развитие общества в целом.

Список используемых источников:

1. Гасумова С.Е., Портер Л. Роботизация социальной сферы. Социология науки и технологий. 2019. Том 10. № 1.

2. Кавинова И.П. Философский анализ проблемы взаимодействия человека с роботами-андроидами в форме новой социальности. Гуманитарный вестник, 2021, вып. 1.

3. Самойлова Е.О., Шаев Ю.М. Проблема андроидов в пространстве чело-веческих практик: цифровой колониализм или гармония? / Гуманитар-ный вектор. 2020. Т. 15, № 4, С. 172–179.

Формирование патриотизма и гражданственности у студентов авиационного вуза

Старчиков А.С.

Научный руководитель — доцент, Мощенко Г.Б.

Ступинский филиал МАИ, Ступино

*«А что такое гражданин?
Отечества достойный сын»
Н. А. Некрасов*

Воспитанию патриотизма в России и за рубежом на сегодняшний день уделяется большое внимание, оно составляет одну из главных целей образования в любом обществе мира.

Более 20 лет назад президент России Владимир Путин сказал, что, утратив патриотизм, мы потеряем национальную гордость и достоинство, а также себя как народ, который способен на великие свершения, поскольку вопросы формирования чувств патриотизма и гражданственности у подрастающего поколения являются ключевыми факторами развития молодого поколения.

Актуальность работы заключается в том, что в образовательной среде технического вуза гражданско-патриотическое воспитание имеет стратегическое значение.

Объектом исследования является процесс развития личности, где основное внимание уделяется воспитанию и развитию таких качеств как гражданственность и патриотизм, которые присущи любому индивиду в той или иной степени.

Предметом исследования является процесс развития личности, в частности становление таких качеств студента как гражданственность и патриотизм в стенах СФ МАИ (НИУ).

Гипотеза исследования заключается в том, что, через чувства любви к своей Родине, к своему Родному краю можно не только познать свой край, свою малую Родину, но и приблизиться к пониманию того, как создаются условия для всестороннего развития личности и совершенствуются индивидуальные качества самого человека, гармонизируется его духовно-нравственное и гражданско-патриотическое воспитание посредством изучения истории русского народа сквозь призму веков.

Исходя из поставленной цели, были выдвинуты следующие задачи:

- 1) рассмотреть понятия гражданственность и патриотизм и их определения;
- 2) выявить и проанализировать отношение студентов авиационного вуза к гражданско-патриотическому воспитанию;
- 3) привлечь внимание студентов к проблемам становления гражданственности и патриотизма в стране;
- 4) изучить литературу по данной теме и проанализировать ее, сравнивая воспитание гражданственности и патриотизма в России с воспитанием и развитием данных качеств у молодого поколения за рубежом;
- 5) провести социологический опрос студентов Ступинского филиала МАИ (НИУ) и проанализировать полученную информацию, выявить проблемы воспитания и становления гражданской позиции и патриотических качеств индивида в данном вузе;
- 6) представить графический анализ ответов студентов университета на основе гистограмм, диаграмм и т.п.

Методами исследования явились: дескриптивный, поисковый, компаративный, метод анализа на основе социологического опроса студентов вуза, а также метод систематизации и обобщения.

Научная новизна исследования определяется недостаточной изученностью данной темы современной молодежью, а также падением интереса к проблеме воспитания подрастающего поколения в духе патриотизма и гражданственности. В связи с этим хотелось бы показать

важность данной проблемы для становления настоящего гражданина и патриота с уважением, относящегося к историческому прошлому своей страны, к народной памяти, национальным и культурным традициям. Данные качества важны студенту России особенно в сегодняшний период, когда враг на пороге твоего дома.

История развития страны, общества и личности взаимосвязаны. Известный русский, советский писатель, В.С. Пикуль, так сказал о патриотизме: «нельзя быть патриотом сегодняшнего дня, не опираясь при этом на богатейшее наследие наших предков... История требует от нас и уважения к себе, как и дедовские могилы, а культура народа всегда зависима от того, насколько народ ценит и знает свое прошлое...»

Таким образом, для современного студента важно быть патриотом своей страны, иметь сформированную гражданскую позицию и выработать ценностные ориентации в современных жизненных условиях.

Список используемых источников:

1. Букринская Н.К. Сenniцы. Облики прошлого / Н. К. Букринская. — Изд. 6-е доп. — Рязань : Рязанская обл. тип., 2022. — 227 с.
2. Пикуль В. С. О своём творчестве и о себе// [https:// rusbereza. ru/html/jour/2007](https://rusbereza.ru/html/jour/2007).
3. Путин. В. В. Россия на рубеже тысячелетий / В. В. Путин // Независимая газета. — 1999. — 30 декабря.

Роль человека в космосе и его место во Вселенной

Торгашов А.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Мезина Н.А.

МАИ, Москва

Каким образом человек может оказывать влияние на космическую среду? Во первых, это может быть через развитие технологий, связанных с исследованием космоса, например, создание ракет, спутников, исследовательских миссий и т.д. Человек всегда стремился понять свое место во Вселенной и исследовать окружающий космос. Наше понимание этой роли постоянно эволюционирует с развитием науки и технологий.

С самых древних времен люди наблюдали за небесными телами и пытались понять их природу. От астрономии древних цивилизаций до современных космических исследований, человечество продолжает расширять границы своего познания космоса.

С развитием технологий человек смог отправиться в космос. Первые космические полеты и высадка на Луну стали революционными шагами в истории человечества, подтверждая его способность преодолевать границы и исследовать новые миры.

Человек в космосе выступает как исследователь, познающий неизведанные просторы Вселенной, и как пионер, открывающий новые возможности для развития и продвижения человечества. Его роль также включает в себя обеспечение безопасности и устойчивости космических миссий. Во вторых, человек влияет на космическую среду и через свои действия на Земле. Различные виды загрязнения, теплоотдача, вырубка лесов-все это влияет не только на Землю, но и на космическую среду в целом. Изменения климата, изменение состава атмосферы и другие процессы могут оказывать воздействие на всю солнечную систему.

Несмотря на свою крошечность в масштабах Вселенной, человек обладает уникальной способностью влиять на свое окружение и вносить изменения в космическую среду. Его понимание Вселенной и его стремление к исследованию являются ключевыми факторами его места в ней.

Роль человека в космосе и его место во Вселенной являются фундаментальными для нашего понимания окружающего мира и стремления к познанию. С каждым новым открытием мы приближаемся к более глубокому пониманию нашего места в этом удивительном и необъятном космосе.

Таким образом, человек как уникальное существо обладает возможностью формировать среду космоса как на Земле, так и за ее пределами.

Список используемых источников:

1. Русский космизм и современность. 2010, Усольцев, В. А.
2. XXXI региональная научная студенческая конференция «Молодежь третьего тысячелетия» 2007

Свобода в науке и искусстве в философии И. Канта

Югай А.Д.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Иванов М.А.

МАИ, Москва

Анализируя процесс творчества в науке и искусстве Кант приходит к неоднозначным выводам, к противопоставлению свободы творчества в научной и художественной деятельности. Художник в лице гения создает нечто новое, не существующее в реальности. Чтобы создать оригинальное произведение искусства прежние стандарты не подходят. Гениальность проявляется в создании того, для чего нет четких правил, в отличие от умения создавать то, что можно изучить по определенному шаблону [1, с.148–152]. То есть гений в искусстве свободен от уже созданных образцов и шаблонов. Однако его свобода не абсолютна. Кант трактует гениальность в искусстве как природный дар. Через гения природа дает искусству свою оригинальность и свои законы. Гений подобен природе, давая правила подобно ей, и не может произвольно создать свои идеи или передать их другим в форме инструкций [там же]. Кант трактует творчество в искусстве как, по-преимуществу, как интуитивный, неосознаваемый процесс: гений не может описать, как он создает свои произведения. Талант познавательной способности гения зависит от природных задатков, а не от обучения. Он проявляется в продуктивном остроумии, проницательности и оригинальности мышления [там же].

В научно-познавательной деятельности, как считал первоначально Кант, гениальные способности не нужны и гения в науке не существует. Научное познание опирается на стандарты, на существующие методы, которые ученый должен упорно и настойчиво применять, чтобы добиться успеха. Открытие (в науке) дает определение уже существующему. Совершить открытие способен человек лишенный гения, но упорно трудившийся [там же]. В этом смысле научная деятельность, как работа по стандарту, не является свободной. Кант отдает дань уважения таким выдающимся ученым как И. Ньютон, но считает, что они достигли успеха в науки лишь посредством трудолюбия и научения. Отличие выдающегося ученого от простого работника науки, по Канту, лишь количественная: «величайший первооткрыватель отличается от старательного подражателя и ученика лишь степенью» [там же].

В своих поздних работах Кант пересматривает эту точку зрения и допускает гениальность и в научном творчестве: гений ... «во всем, что он предпринимает, ... составляет эпоху (подобно Ньютону, Лейбницу)»; «Для того чтобы что-то открыть ..., нужен в ряде случаев особый талант: необходимо знать, как следует искать, обладать природным даром высказывать предварительное суждение...»; примера, образа «недостаточно, чтобы научить нас определенным правилам, тому, как надо исследовать, чтобы добиться успеха...» [3, с. 253, 254, 257, 358].

Таким образом, позиция Канта может характеризоваться как противоречивая: утверждая господство необходимости в природе и науке, которая ее познает, Кант отрицает в них свободу; вместе с тем, он утверждает, что естествоиспытатели не находятся в рабской зависимости от природы, они проявляют активность и заставляют природу отвечать на поставленные вопросы и даже дают законы природе [2, с. 20–21], проявляя тем самым свободу. Аналогичное противоречие существует и по отношению к искусству.

Современная философия науки развивает идеи Канта и критически их оценивает. Классическая наука рассматривала научное открытие как нахождение законов природы, которые существуют в самой природе. Их следует только найти, но не сотворить. Неклассическая наука приоритет отдает творческому изобретению и конструктивистскому моменту. А. Эйнштейн, характеризуя теоретическое познание, отмечал, что научные теории представляют собой свободные творения человеческого разума [см. «Эволюция физики»]. Конечно, такое свободное творение не является абсолютным. Ученый зависит от уровня развития науки и ее методологии, от объективной реальности и фактов науки. Также современное искусство, которое, провозглашает абсолютную свободу художника, имеет границы и обусловленности.

Учение Канта о свободе в науке и искусстве, противопоставление их, выявление противоречий в каждом из этих видов человеческого творчества (в аспекте свободы, оригинальности, гениальности) [4] ориентирует нас на инновации, умение преодолевать шаблоны и схемы, не отвечающие уровню современного развития. Благодаря кантовскому учению мы также можем глубже понять как научное творчество, так и специфику творений художественного гения.

Список используемых источников:

1. Кант И. Критика способности суждения // Соч.: в 8 т., М., 1994, Т. 5.
2. Кант И. Критика чистого разума // Соч.: В 8-ми т. Т. 3. М., 1994. — 741 стр.
3. Кант И. Антропология с прагматической точки зрения // Соч.: в 8 т., М, 1994, Т. 7. С. 137–376
4. Mikhail A. Ivanov. Kant on free thinking and its boundaries / SHS Web Conf., 161 (2023) 06002 12th Kant-Readings International Conference “Kant and the Ethics of Enlightenment: Historical Roots and Contemporary Relevance”. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202316106002> S. 1-8

Обучение специалистов аэрокосмической отрасли иностранному языку в условиях новой модели взаимодействия человека и общества

Абышева Е.А.

Научный руководитель — к.п.н. Журбенко Н.Л.

МАИ, Москва

Общество является главным заказчиком системы высшего образования. Специалист, подготовленный системой высшего образования, должен соответствовать тем требованиям, которое предъявляет ему современное общество, для того чтобы быть конкурентоспособным, быть в состоянии приносить пользу обществу. В период обучения в вузе формируются навыки и умения необходимые в профессиональной деятельности.

Современное общество сильно отличается от того, что было в 19–20 веке, когда была сформирована модель высшего образования. Сегодня рынок труда — навыко-ориентированный. Работодатель смотрит на опыт и компетенции претендента. Список навыков и компетенций тоже претерпел серьезные изменения. У студентов чаще всего нет определенности того, что они могут получить после выпуска, ведь к этому моменту будущий специалист по современным меркам должен уже иметь опыт работы, какие-либо научные публикации, статьи и работы, что в свою очередь является неким багажом знаний и навыков, который он успел приобрести за годы обучения, который в свою очередь так же должен быть еще и реализован.

Сегодня успех в профессиональной сфере на 75% зависит от уровня сформированности гибких навыков *soft skills* и лишь на 25% от профессиональных или, так называемых, жестких навыков *hard skills* [1]. Общество ожидает от специалиста, что, работая под давлением, в условиях неопределенности, постоянно меняющихся условий, он будет адекватно и быстро достигать целей, будет гибким и готовым к новым вызовам, обладать универсальными навыками [2]. Новая модель взаимодействия человека и общества требует современных подходов в системе образования, иных критериев построения системы обучения. Исследования, направленные на поиск возможностей развития новых навыков в рамках существующей системы образования актуальны.

Целью нашего исследования стал поиск возможностей развития новых компетенций в рамках гуманитарного обучения в техническом вузе, а именно в процессе иноязычного профессионально-ориентированного обучения.

Задачами нашего теоретического исследования стали: анализ литературы и выявление новых необходимых современному специалисту компетенций, определение методов и подходов, которые может использовать преподаватель иностранного языка на занятиях, и, которые могут быть эффективными для формирования новых компетенций. Исследование носило теоретический характер, его результатом стали рекомендации молодым преподавателям и студентам вузов авиакосмической отрасли, которые могут помочь формированию качеств конкурентоспособного специалиста в рамках обучения иностранному профессионально-ориентированному языку.

Можно выделить, например, следующие особенности модели взаимодействия человека / молодого специалиста, которые требуют развития определённых навыков для обеспечения конкурентоспособности специалиста:

Наш мир изменчив — специалист должен уметь предвидеть кризисы и быть готовым к ним, эти навыки в процессе обучения иностранным языкам могут развиваться в рамках применения метода проектов.

Наш мир неопределенный. Будущему специалисту пригодится навык самоорганизации, способность непрерывного обучения, информационная грамотность. А, следовательно, грамотная организация самостоятельной работы, применение технологии создания индивидуальной траектории обучения могут обеспечить навык специалиста работать в условиях неопределённости.

Геополитичность и развитие своих национальных культур. Развитие культурной компетенции, социокультурной компетенции в рамках компетентностного подхода гарантирует подготовленность специалиста.

Цифровизация. Навыки удаленной работы и цифровые компетенции формируются в процессе e-learning.

Осознание новых компетенций и понимание возможностей развития этих компетенций в рамках существующей системы иноязычного профессионально-ориентированного обучения студентов технических вузов может стать фактором повышения эффективности подготовки в вузах аэрокосмического профиля.

Список используемых источников:

1. Богдан Е. С. Развитие soft skills как важный компонент формирования компетенций конкурентоспособных выпускников инженерных направлений / Е. С. Богдан // Вестник евразийской науки. — 2019. — Т. 11, № 3. — С. 6.

2. Мещерякова М.А., Шальнев О.Г., Филатова М.В. СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ НАВЫКОВ ДЛЯ VUCA-МИРА // Вестник ВГУИТ. 2020. №3 (85)

Особенности обучения переводчиков аэрокосмической отрасли сопутствующим профессиональным умениям: реферированию, локализации, адаптации, автоматизации и постредактированию

Агапова А.А.

Научный руководитель — доцент, к.ф.н. Зайченко А.А.

МАИ, Москва

Актуальность. Учет потребностей растущего рынка труда при конкретизации оптимального содержания обучения переводчиков аэрокосмической отрасли является важнейшим условием повышения необходимого обучения качества подготовки будущих специалистов. Актуальным в настоящее время представляется формирование у обучаемых комплекса сопутствующих умений, дополняющих их ключевые компетенции.

Целью исследования является выявление и описание особенностей практического обучения переводчиков аэрокосмической отрасли сопутствующим профессиональным субкомпетенциям: реферированию, адаптации, автоматизации и постредактированию.

Исследование. Сущностная трансформация характера и содержания переводческой деятельности, обусловленная стремительным развитием инфотехнологий и средств машинной автоматизации процесса перевода, наряду с появлением новых типов перевода, экспансией функционала выполняемых переводчиком задач и увеличением объема переводимых материалов, обуславливает необходимость включения в содержание образовательных программ лингводидактических компонентов, способных обеспечить овладение обучаемыми умениями, формирующими профессиограмму современного переводчика.

В соответствии с новым профессиональным стандартом «Специалист в области перевода» [1] и «Требованиями к компетенции профессиональных переводчиков, специалистов в области многоязычной и мультимедийной коммуникации» [2] в состав комплекса профессионально- квалификационных компетенций переводчика, в частности, его информационной и технологической составляющих, включены следующие функциональные элементы: умение владеть новейшими инструментальными средствами машинного и автоматизированного перевода; умение владеть стандартными приемами постредактирования машинного и автоматизированного перевода; умение владеть компрессионными приемами аннотирования и реферирования; умение владеть адаптивными приемами локализации текста.

Ввиду недостаточной степени разработанности теоретических и практических основ обучения переводчиков аэрокосмической отрасли инновационным приемам локализации, адаптации и постредактирования, а также работе в системах автоматизированного перевода, требуется скорейшее решение вопроса методического осмысления и обоснования целей и

задач обучения указанным видам переводческой деятельности, а также разработки дидактически адекватных им приемов и средств обучения [3].

Безусловно, значимой представляется и систематизация сведений о специфике машинного перевода, его функциональности, надежности и применимости. Уточнению и упорядочиванию также подлежат параметры, стратегии и приемы локализации и постредактирования при переводе.

Очевидно, что адекватная организация обучения данным субкомпетенциям потребует создания как соответствующих педагогических условий (например, предоставления обучаемым доступа к компьютерам с предустановленными специальными CAT-программами (Trados, MemoQ, SmartCAT, CrowdIn, OmegaT, Transit NXT, и пр.), обеспечивающими автоматизацию процесса перевода, работу с общими и отраслевыми словарями, базами данных и терминологическими глоссариями, интеграции в учебный план новых специдисциплин), так и учета ряда факторов методического плана.

Например, следует уделять особое внимание разработке «действенных и максимально эффективных приемов обучения, интересных заданий и упражнений, рациональному отбору оригинального языкового материала, применению оптимальных и валидных форм оценки и контроля, организации самостоятельной учебной деятельности обучаемых» [4. С. 27].

Предполагаем, что дидактическая эффективность интеграции дополнительных компонентов, будет также значительно зависеть от готовности академического сообщества принять важность инноваций и его способности их реализовать.

Вывод. В целях улучшения уровня вузовской подготовки переводчиков аэрокосмической отрасли и обеспечения адекватных условий овладения ими сопутствующими профессиональными умениями (реферированием, локализацией, адаптацией, автоматизацией и постредактированием), повышающими их квалификацию и востребованность на рынке переводческих услуг необходимо учитывать не только специфику указанных видов деятельности, но и лингводидактические особенности организации обучения, определения его оптимального содержания, выбора эффективных форм, оригинальных средств и действенных приемов обучения.

Список используемых источников:

1. Александрова Е.М., Берендяев М.В., Васильева К.А. и др. Перевод и локализация: опыт разработки профессионального стандарта. Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2019. 140 с.
2. Competences for professional translators [Электронный ресурс] // Режим доступа: URL: <https://commission.europa.eu> (дата обращения 29.01.2024)
3. Зайченко А.А. Интегративное обучение чтению и письменному переводу на основе компонентного подхода // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. 2011. № 2 (27). С. 202–205.
4. Зайченко А.А. О некоторых приемах обучения письменному профессионально ориентированному переводу на начальном этапе // Сборник научных трудов Северо-Кавказского государственного технического университета. Серия Экономика. 2005. № 1. С. 26–28.

Применение английского языка в названиях авиакомпаний

Арсентьева А.И., Зацепилина А.В.

Научный руководитель — Инюшева М.С.

МАИ, Москва

По данным Международной ассоциации воздушного транспорта и Фонда Космоса (Space Foundation) по состоянию на 2024 год в мире зарегистрировано около 300 авиакомпаний и более 100 космических агентств, управляющих космическими программами разных стран [1]. В основном, все эти компании имеют англоязычное название. Мы задались вопросом о принципах, лежащих в основе выбора таких наименований, и изучили, какие преимущества приносит использование английского языка в названиях компаний. Очевидно, что название

компания имеет влияние на выбранные маркетинговые стратегии, экономические аспекты и другие аспекты деятельности компании.

Актуальность нашего лингвистического исследования определяется необходимостью поиска принципов и закономерностей использования английского языка в названиях и их влияния на жизнедеятельность компании.

Использование английского языка в названиях авиакомпаний облегчает их узнаваемость на мировом рынке, так как многие люди в разных странах мира знакомы с английским языком. Названия, написанные на английском, могут также дать представление о том, что компания ориентирована на международный рынок и способна предоставить услуги на английском языке.

Целью нашей работы является изучение и анализ использования английского языка в названиях авиакомпаний и влияние нейминга на различные аспекты жизнедеятельности компании.

В соответствии с целью мы поставили для себя следующие задачи:

1. Провести статистический анализ англоязычных названий компаний авиакосмической отрасли.

2. Проанализировать конкретные названия, с целью анализа семантики названия, для того чтобы понять, какой смысл вкладывается.

В мире существует множество авиационных и космических компаний, которые используют английский язык в своих названиях. Такие компании могут быть как местными, так и международными. Количество таких компаний может существенно изменяться в зависимости от критериев исследования.

Около 300 авиакомпаний и 70 космических организаций сочетают в своих названиях англоязычные слова.

Первая авиакомпания, которая использовала английский язык в своем названии, была американская авиакомпания Pan American World Airways, также известная как Pan Am. Она была основана в 1927 году и была одной из самых крупных и влиятельных авиакомпаний в мире до своего банкротства в 1991 году [2, 3].

Одной из самых известных авиакомпаний, которая неудачно использовала английский язык в своем названии, была авиакомпания WOW Air, которая была основана в Исландии в 2011 году. Название WOW Air, которое расшифровывается как "World of Warcraft Airline", вызвало путаницу у некоторых пассажиров, так как оно ассоциируется с популярной компьютерной игрой "World of Warcraft".

NASA стал брендом благодаря своему названию, которое ассоциируется с космическим исследованием, новыми технологиями, открытиями и путешествиями во Вселенную. Акроним NASA (National Aeronautics and Space Administration) сразу вызывает ассоциации с престижными и новаторскими проектами в области космических исследований. NASA стала узнаваемым брендом, который ассоциируется с передовыми технологиями и открывает новые горизонты для человечества.

В ходе анализа мы выяснили, что большинство из авиакомпаний используют фактор географии в своих названиях: Air France; British Airways; Atlantic Airlines [4].

Кроме того, существует ассоциативный метод.

Авиаперевозчики используют его, используя в названии ассоциации, связанные с небом: Air Finland — финская авиакомпания, главный офис которой расположен в аэропорту Хельсинки-Вантаа в городе Вантаа («Воздух Финляндии»); Air VIA — авиакомпания, базирующаяся в Софии, Болгария; Sky Wings — авиакомпания Греции; Skybridge AirOps (Скайбридж ЭйрОпс) — региональные авиалинии Италии.

При создании названия для авиакомпании также используется метод неологизмов, включающий в себя ассоциативные упрощенные, подразумевающие под собой определенный смысл лично-относительные и лично-ассоциативные неологизмы. Например: «SilkAir» — авиакомпания Сингапура, в переводе «Шелковый путь». Данное название разработало агентство Landor, подразумевающее под собой сервис и комфорт.

Нейминг, или же имидж той или иной организации, должен соответствовать 6 критериям: Simplicity (Простота); Unexpectedness (Неожиданность); Concreteness (Конкретность); Credibility (Правдивость); Emotions (Эмоции); Stories (Истории). Помимо этого, в авиационном нейминге название должно быть понятным. Действительно, потребитель хочет знать, что авиакомпания обеспечит ему безопасность и комфорт [5, 6].

Люди, которые называют свои авиакомпании английскими словами, часто стремятся к созданию бренда, который ассоциируется с международнойностью, высоким уровнем сервиса, и передовыми технологиями.

Использование английского языка в названиях авиакомпаний обеспечивает единообразие коммуникации между различными культурами и становится важным элементом маркетинга. Наша работа будет актуальна и полезна для лингвистов, а также специалистов в области пиара и рекламы.

Список используемых источников:

1. Сайт «Aviaport» [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.aviaport.ru/digest/2005/10/19/96478.html?ysclid=leq2nqaqc5108220167> (дата обращения 15.01.2024).
2. Карпова Л. И. История авиации и космонавтики, 2015 (дата обращения 29.01.2024).
3. Калачева Е.А. «Особенности авиационного английского языка», 2021 (дата обращения 29.01.2024).
4. Комарова С.Н. Разработка процесса формирования имиджа предприятия и методика его оценки / С.Н. Комарова // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). 2019. (дата обращения 29.01.2024).
5. Осканян Э.А. «Современные подходы к формированию имиджа предприятия» 2018 (дата обращения 15.01.2024).
6. Сергей Малайкин «Одним словом. Книга для тех, кто хочет придумать хорошее название. 33 урока» (дата обращения 20.01.2024).

Французские заимствования в авиации

Артёмов М.А., Чечурова М.Д.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Волотов Д.А.

МАИ, Москва

Франция, как одна из передовых стран, способствовавших развитию мировой авиации, оказала значительное влияние на формирование ключевых технических концепций и создание терминологии, используемой в современной авиационной практике.

Заимствования из французского языка вошли в общепринятый лексикон воздушного пространства, в основном, в начале и середине XX столетия, и распространяются на различные аспекты авиации, включая названия деталей летательных аппаратов, термины, связанные с действиями и процессами в полёте, обозначения мест и объектов в авиации, профессии и роли.

В данном исследовании мы сосредоточимся на анализе названий деталей летательных аппаратов, используя несколько ключевых терминов, таких как «гашетка», «инжектор», «фюзеляж», «шасси» и «элерон», в контексте их лингвистической природы и исторического происхождения для лучшего понимания технических и языковых аспектов авиации.

• Гашетка

Этимология и историческое происхождение: Термин «гашетка» происходит от французского слова «gâchette». В средние века оно обозначало «запор» или «защёлку», спустя время, значение расширилось до «курка» или «спускового крючка» в контексте огнестрельного оружия, а затем и авиационных систем управления. В 1934 году слово «гашетка» появилось в Орфографическом словаре Д.Н. Ушакова.

Семантика: Гашетка представляет собой устройство, используемое для управления различными системами воздушного судна, например, системой подачи топлива, системой управления двигателем или системой оружия.

Морфология: Слово «гашетка» образовано от французской основы «гашет-» и суффикса «-к», в современном русском языке «гашетк-» стало цельной основой.

- Инжектор

Этимология и историческое происхождение: Термин «Инжектор» происходит от французского слова «injecteur» — «впрыскиватель». Первоначально использовалось в контексте двигателей внутреннего сгорания, а затем более широко распространилось в авиационной технике. Впервые было зафиксировано в третьем издании Толкового словаря В.И. Даля в 1907 году.

Семантика: Инжектор представляет собой устройство, отвечающее за подачу топлива или других жидкостей в двигатель воздушного судна.

Морфология: Слово «инжектор» образовано от основы «инжект-» и суффикса «-ор».

- Фюзеляж

Этимология и историческое происхождение: Термин «фюзеляж» происходит от французского слова «fuselage», которое, в свою очередь, образовано с помощью суффикса «-age» от глагола «fuseler», означающего «обтачивать, придавая веретенообразную форму». Менее распространённой точкой зрения на образование слова «fuselage» во французском языке является его происхождение от существительного «fuseau» — веретено.

Термин «фюзеляж» изначально используется для обозначения центральной части воздушного судна, содержащей кабину пилота, пассажирские салоны и грузовые отсеки. Первое включение в словарные записи — Словарь иностранных слов, 1937 год.

Семантика: Фюзеляж является основной структурной частью воздушного судна, обеспечивающей его жизнеспособность и функциональность.

Морфология: Благодаря морфологической ассимиляции, в русском языке заимствованное «фюзеляж» является основой слова.

- Шасси

Этимология и историческое происхождение: Термин «шасси» имеет свои корни во французском слове «châssis», что означает «рама» или «основание». В авиации этот термин начал использоваться для обозначения конструкции, на которой устанавливаются колеса или подвеска воздушного судна. Первое засвидетельствованное упоминание данного термина датируется 1937 годом, в Словаре иностранных слов.

Семантика: Шасси представляет собой структурную часть воздушного судна, обеспечивающую его поддержку и устойчивость при посадке и взлете.

Морфология: Слово «шасси» образовано от французской основы «шасси».

- Элерон

Этимология и историческое происхождение: Термин «элерон» происходит от французского слова «aileron», что означает «крылышко», образованного с помощью уменьшительного суффикса «-on» от «aile» — «крыло». Этот термин был введен для обозначения перемещаемых частей крыла воздушного судна, которые используются для управления его креном. Первоначальное официальное упоминание — Словарь иностранных слов, 1937 год.

Семантика: Элерон представляет собой управляемую сторону крыла воздушного судна, позволяющую пилоту изменять его угол атаки и маневрировать в воздухе.

Морфология: Основой слова является «элерон».

Анализируя приведённые термины, стоит подчеркнуть активное использование типичного для процесса адаптации иностранных терминов в русский язык аффиксального способа словообразования, заимствования при котором происходят за счёт добавления суффиксов и префиксов к корням французских слов.

Как уже отмечалось, французский язык оказал значительное влияние на терминологию авиации. Данный анализ подчеркивает богатство языковых связей между культурами стран и важность их вклада в формирование международного языка авиации.

Список используемых источников:

1. Волотов Д.А. Проблемы русской неолологии: к истории терминов военной лексики (на примере слова ординарец) // Неолология. 2021. №28. Volume 7. P. 587–595

2. Гак В.Г. Сравнительная типология французского и русского языков. М.: Просвещение, 1983. 287 с.

3. Левит З.Н. Лексикология французского языка: для институтов и факультетов иностранных языков. М.: Высшая школа, 1979. 160 с.

4. Собаршов И.Т. Пособие по словообразованию французского языка для технических вузов: учебное пособие. М.: Высшая школа, 1978. 191 с.

Способы повышения мотивации студентов-переводчиков МАИ

Барыбина Е.И.

Научный руководитель — Ницберг Е.В.

МАИ, Москва

Общезвестным является тот факт, что мотивация в обучении иностранному языку играет немаловажную роль. Практически каждый студент хочет быть образованным и развивать свои умения, когда он только приходит учиться в институт, но со временем уровень его мотивации падает. Этому могут послужить различные причины, например: элементарная скука, в виду того, что учащийся не может понять, какую пользу принесут те или иные предметы учебной программы; сложный материал, который требуется изучить самостоятельно; личная значимость предмета для учащегося; сложности во взаимопонимании между преподавателем и студентом; неуверенность в завтрашнем дне и т.д. В работе пойдет речь о факторах, которые определяют уровень мотивации изучения английского языка на примере студентов-переводчиков Московского авиационного института.

Целью данной статьи является выявление способов мотивации студентов-переводчиков МАИ к изучению английского языка и выяснить, как меняется мотивация студентов на разных этапах обучения.

Основные методы исследования: анкетный опрос в Google формах, метод наблюдения.

Для начала нужно разобраться с тем, что такое «мотивация», в современной литературе существует множество определений понятия «Мотивация», его давали Г.Г. Зайцев, Б.Ю. Сербинский, Э.А. Уткин и другие. Мы придерживаемся определения Д.Н. Ушакова: «Мотивация — это совокупность мотивов, обуславливающих тот или иной поступок». Многие педагоги и исследователи придерживаются того мнения, что качество выполнения того или иного задания зависит прежде всего от желания и побуждения индивида к действию, т.е. от его мотивации [1–4]. Именно она помогает нам поставить перед собой дальнейшую цель и продумать пути ее достижения. Неоспоримым также является тот факт, что в самом начале обучения уровень мотивации студентов высок, но со временем он начинает снижаться. Чтобы вернуть студентам интерес к учебе, их всячески увлекают преподаватели [2–4]. Согласно нашим наблюдениям, в МАИ переводчики участвуют в различных интерактивах, который проводятся во время пар; читают статьи из иностранных газет и журналов; смотрят видеоролики и фильмы на языке носителей; активно участвуют в научной деятельности и т.д. Но особенное внимание мы бы хотели уделить тому, что мотивирует наших студентов учиться.

Мы провели исследование среди учащихся 2 и 4 курсов института №10 МАИ (в каждом опросе принимало участие по 20 человек). В нем студентам-переводчикам был предложен список из 30 вопросов, на которые нужно было ответить по 5-балльной шкале, где 1 — наименее значимый показатель, 5 — наиболее значимый показатель. Вопросы из списка затрагивали разные темы: желание получать новые знания, продолжение обучения в будущем, мнение родителей, друзей и сверстников и т.д.

Собрав и проанализировав полученные данные, мы пришли к выводу, что студенты 4 курса более уверены в своих целях и желаниях, в виду того, что их ответы были более однозначные и точные; в каждой диаграмме, отражающей результаты опроса, ясно выделялся самый популярный ответ.

Результаты опроса 2 курса показали, что то им присуще большее разнообразие. Лишь в 7 диаграммах из 30 имеется ответ, который получил 50 или более процентов голосов. Для сравнения, по результатам опроса 4 курса, подобных диаграмм 25.

Подводя итоги, можем сделать такие выводы:

1. Мотивы учебной деятельности студентов 4 курса более выражены. Из этого следует вывод о том, что методы повышения мотивации, которые используют преподаватели института №10 МАИ работают.

2. Так как мотивация учащихся 2 курса находится на более низком уровне, можем прийти к выводу о том, что студентам и преподавателям нужно уделять этому вопросу больше внимания. Например, чаще проводить среди студентов разнообразные интерактивные мероприятия или больше вовлекать их в научную деятельность. Со стороны студентов следует проявлять большую заинтересованность и быть более активными.

Список используемых источников:

1. Яковлева Е.П. Влияние лингвокультуроведческого подхода на мотивацию студентов при изучении иностранного языка Вестник Донецкого педагогического института. 2017. № 2. С. 236–243.

2. Тимохина Т.В., Акынжанова А.А., Галютдинова А.Н. Мотивация как обязательный фактор языковой подготовки студентов технического вуза Национальная Ассоциация Ученых. 2018. № 9 (36). С. 21–23.

3. Картушина Н.В. Система оценки профессиональной деятельности преподавателя иностранного языка в университете диссертация на соискание ученой степени кандидата педагогических наук / Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт стратегии развития образования Российской Академии Образования». 2023

4. Nazarov Rustam Ikrinovich Ways to increase motivation to study foreign language in a non-linguistic university 5th Global Congress on Contemporary Sciences & Advancements Hosted from Singapore 10th May 2021.

Цифровизация обучения профессионально-ориентированному иностранному языку в аэрокосмическом вузе

Бернацкий М.С.

Научный руководитель — Ворсунова А.С.

МАИ, Москва

Цифровизация обучения профессионально — ориентированному иностранному языку в аэрокосмическом вузе

В эпоху технологического прогресса, роль компьютерных технологий в жизни людей становится всё более явной. Это широко влияющий фактор проникает в различные сферы, включая образование. Владение различными иностранными языками становится критически важным навыком, обеспечивающим конкурентоспособность. Обучение иностранным языкам в вузах происходит часто в аналоговой среде, без цифровизации. Цифровизация помогает адаптации учебного процесса к современным требованиям общества к системе образования. Интеграция современных способов обучения, таких как онлайн-платформы, интерактивные конструкторы тестов и квизов, создание обучающих Телеграм ботов может преобразить процесс обучения, наполнив его новизной, повысив заинтересованность студентов, что положительно скажется на эффективности обучения иностранным языкам студентов разных специальностей в вузах авиакосмической отрасли в том числе. Таким образом, исследования возможностей цифровизации образовательного процесса, включая процесс профессионально-ориентированного иноязычного обучения в лингвистических технических вузах, актуальны.

Цель нашего исследования — найти возможности цифровизации профессионально-ориентированного иноязычного обучения. Соответственно цели были выделены задачи исследования: анализ литературы по проблемам цифровизации, изучение опыта других вузов; изучение ситуации в вузах авиакосмической отрасли на примере МАИ (НИУ) и выявление причин, определяющих текущую ситуацию; представить наше видение решения данной проблемы и провести опытное обучение студентов с использованием элементов цифровизации. Предполагается участие в опытном обучении 3 групп студентов 1 курса,

обучающихся по профилям «Материалы и технологии в биотехнических системах», «Системы интеллектуального мониторинга» и «Управление инновациями».

В ходе исследования был проведен обзор литературы, которая связана с цифровизацией в системе образования. Были рассмотрены научные работы, исследования и публикации, прямо или косвенно относящиеся к теме исследования. Это позволило получить представление о текущем состоянии данной области и выделить основные тенденции. Анализируя текущую ситуацию в вузах авиакосмической отрасли, мы выявили, что существующих усилий недостаточно в условиях быстро меняющейся образовательной среды, и каждый преподаватель иностранного языка может найти способы цифровизации, доступные для реализации на занятиях по профессионально-ориентированному иностранному языку. Были рассмотрены технические и педагогические аспекты. Технический аспект включает в себя недостаточную квалификацию преподавательского состава в области компьютерных технологий. Педагогические же аспекты включают в себя нехватку адаптации учебных программ к современным стандартам имплементации цифрового обучения. Для решения выявленных проблем было предложено несколько конкретных вариантов. В частности, было предложено повышать квалификацию преподавателей в области компьютерной грамотности, а также имплементация в образовательный процесс возможностей, которые предлагают современные технологии в образовании.

Таким образом, достижениям технического прогресса можно найти широкое применение в сфере образования. Необходимо повышать квалификацию преподавателей в области компьютерных технологий и имплементировать возможности, которые предоставляет НТР в реальное обучение. Результаты нашего исследования могут быть полезны преподавателям иностранного языка в вузах авиакосмической отрасли.

Список используемых источников:

1. Данилова Лариса Николаевна ЦИФРОВИЗАЦИЯ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ В ВУЗЕ: ВОЗМОЖНОСТИ И РИСКИ // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2021. №1 (41). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-obucheniya-inostrannym-yazykam-v-vuze-vozmozhnosti-i-riski>
2. Пичкова Л.С., Караваева Е.М., Кулемекоева М.В. Роль цифровых технологий в изучении иностранного языка в контексте парадигмы непрерывного образования. Право и управление. XXI век. 2023;19(1):66-73. <https://doi.org/10.24833/2073-8420-2023-1-66-66-73>
3. Платова Евгения Дмитриевна ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЛИНГВИСТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ // Вестник ОГУ. 2022. №2 (234). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-lingvisticheskogo-obrazovaniya-problemy-i-perspektivy>

Лингвистические особенности авиационных текстов на новозеландском английском языке

Богдановский Г.В., Мартыненко Е.Д., Шингарева Я.И.
Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Мельдянова А.В.
МАИ, Москва

Актуальность исследования. Английский язык является универсальным языком мирового общения. С одной стороны, он подвергся изменениям под действием других языков, с другой стороны, оказывал воздействие на многие мировые языки. Так возник и новозеландский вариант английского языка, на который самое заметное влияние оказал английский язык юга Англии. Язык Новой Зеландии также формировался под влиянием австралийского, американского вариантов английского языка и маорийского языка. Наличие в новозеландском английском заимствований из языка маори является важной чертой его национально-культурного своеобразия [1, с. 33]. Однако, следует отметить, что со временем новозеландский английский язык приобрел свои особенности, на которые повлияли всевозможные факторы как внутренние, так и внешние. Данные отличительные черты требуют всестороннего изучения, что и обуславливает актуальность настоящего

исследования. Рассмотрение особенностей новозеландского варианта английского языка проводится на примере авиационных текстов.

Целью исследования является всесторонний анализ авиационных текстов на новозеландском английском языке и их лингвистических особенностей.

Исследование. В ходе анализа авиационных статей было выявлено, что новозеландцы используют часто простые временные формы вместо сложных, например Past Simple вместо Present Perfect. Наиболее существенным структурным отличием является использование *will* в качестве общего вспомогательного глагола будущего времени (в том числе вместо *shall* с первым лицом) и, соответственно, *would* вместо *should*.

Для придания большей экспрессии новозеландцы часто употребляют слово *much* с прилагательными в сравнительной степени, например *much better*, *much less*. В целом, двойная степень сравнения, такая, как *more easier*, распространена в новозеландском варианте английского языка [2, с. 10]. Для усиления утверждений и вопросов используется и эмфатический глагол *do*.

Синтаксис новозеландского английского языка также имеет свои особенности. Например, в новозеландском варианте английского языка можно встретить более свободный порядок слов в предложении или употребление специфических лексических конструкций. Это может отражать влияние местных языков, включая маори, на структуру предложений в новозеландском английском языке.

Написание слов тяготеет к британскому варианту английского языка, например, *organise*, *revise*, *compromise*, хотя в неформальном письме допустим вариант *-ize*. Исследование авиационных статей на новозеландском английском языке также выявило тенденцию к использованию слова *aeroplane* в соответствии с британскими нормами написания, которых придерживаются в Новой Зеландии.

Вывод. Таким образом, особенности новозеландского варианта английского языка охватывают широкий круг явлений: способы выражения содержания языковых единиц на лексико-семантическом уровне, морфологические и синтаксические особенности в употреблении языковых единиц. Эти же различия находят свое проявление и в текстах авиационной тематики. Переводчику необходимо знать и оперировать данными особенностями в области своей работы, чтобы верно понимать и переводить специализированные тексты.

Список используемых источников:

1. Бекеева А.Р. Языковые особенности новозеландского национального варианта английского языка // Вестник Российского университета дружбы народов. — 2011. — №2. — С. 28–34.
2. Bauer L. Some Grammatical Features of New Zealand English. — Wellington: Victoria University of Wellington, 2007. — 25 pp.

Использование новых информационных технологий при подготовке переводчиков в аэрокосмической отрасли

Воробьева Е.С.

Научный руководитель — Пельтихина Т.Г.

МАИ, Москва

Использование новых информационных технологий при подготовке переводчиков в аэрокосмической отрасли особенно важна в современном мире, где спрос на качественные переводы растет с каждым днем. Новые информационные технологии позволяют переводчикам эффективно осваивать новые языки, улучшать свои навыки перевода, а также быть в курсе всех последних тенденций в лингвистике и переводоведении.

Целью исследования является проведение сравнительного анализа электронных ресурсов для обучения переводчиков в аэрокосмической отрасли и оценка эффективности самих ресурсов для повышения качества подготовки студентов-переводчиков.

Исследования использования новых информационных технологий при подготовке переводчиков являются важным аспектом современной лингвистики. Это направление исследования включает в себя ряд различных видов источников, которые могут быть изучены для более глубокого понимания влияния технологий на профессиональную подготовку и работу переводчиков [3].

Одним из направлений исследования является оценка эффективности онлайн-курсов таких школ, как «ЛингваКонтакт» и «PROtranslation» и образовательных платформ, как «Memsource» и «SDL Trados» в обучении переводчиков. Исследование включает анализ результатов обучения, уровня усвоения материала, удовлетворенности студентов и профессиональной подготовки, полученной через использование новых информационных технологий. В отношении упомянутых онлайн-курсов, мы выделили ряд преимуществ, таких как обратная реакция от преподавателей, помощь и ответы на вопросы учеников 24/7. Также мы изучили отзывы на онлайн-курсы школ «ЛингваКонтакт» и «PROtranslation», и чаще всего ученики упоминают удобство формата обучения и наличие блока по программному обеспечению для переводчиков. Обе школы имеют высокий рейтинг на независимых платформах для оценки. Говоря об образовательных платформах «Memsource» и «SDL Trados», они имеют такое преимущество как облачная система, то есть все базы терминов, память переводов, справочные файлы и другие документы загружены в облако и доступны в любое время с любого компьютера и мобильного устройства. Также преимуществами являются легкость пользования платформами и бесплатный доступ для переводчиков к обоим сервисам.

Не менее важным направлением исследования является анализ влияния применения машинного перевода и программ компьютерной лингвистики на работу переводчиков. Преимуществами использования машинного перевода и программ компьютерной лингвистики являются высокая скорость перевода, универсальность и доступность. Однако при отсутствии редактирования переводов, их качество значительно страдает. Применение этих технологий при правильном использовании оказывает положительный эффект на качество переводов, а также на рыночную конкурентоспособность переводчиков [2].

Другим важным аспектом исследования является анализ уровня доверия и готовности профессиональных переводчиков использовать новые информационные технологии в своей работе. Анализ включает изучение препятствий и преимуществ при внедрении технологий в профессиональную практику.

И, наконец, исследование эффективности использования специализированного программного обеспечения для переводчиков, такого как память переводов, терминологические базы данных и инструменты автоматизации процессов перевода, также может быть ценным вкладом в эту область исследований. Их применение имеет ряд преимуществ, таких как сокращение времени и объема работы переводчика, улучшение последовательности перевода, особенно при работе группы переводчиков над одним проектом; увеличение прибыли за счёт увеличения производительности труда переводчика, группы переводчиков.

В целом, эти исследования помогут лучше понять, как новые информационные технологии могут быть интегрированы в образовательные программы для переводчиков, а также в профессиональную деятельность переводчиков, улучшая их профессиональные навыки и результаты [1].

Исходя из проведенного нами анализа, мы пришли к выводу, что использование новых информационных технологий необходимо при подготовке переводчиков в аэрокосмической отрасли. Технологические ресурсы положительно влияют на обучение, в особенности самыми эффективными являются онлайн-курсы, так как ученики имеют обратную связь и доступ к преподавателям 24 часа в сутки. Новые технологии не только повышают эффективность обучения, но и помогают студентам-переводчикам быть конкурентоспособными на рынке труда и соответствовать современным требованиям к профессиональной деятельности.

Список используемых источников:

1. Аникеева, И. Г. Условия формирования готовности студентов к переводческой деятельности / И. Г. Аникеева // Образование в современном мире: роль вузов в социально-экономическом развитии региона : сборник научных трудов Международной научно-методической конференции, Самара, 18 марта 2014 года / ответственный редактор Т. И. Руднева. — Самара: Самарский государственный университет, 2014. — С. 275-278. — EDN TAVORP.
2. Дьяконова А. А. Современное состояние и перспективы развития профессии переводчика // Устойчивое развитие науки и образования. 2020. № 11 (50). С. 162–167.
3. Зубанова С. Г., Брагер А. А. К вопросу о подготовке переводчиков на современном этапе: отечественные традиции и задачи обновления образования (на примере Авиационного Института) // Общество: социология, психология, педагогика, 2023. С. 99–108.

Адаптация приёмов изучения базовой терминологии на иностранном языке по специальности «Воздушно-реактивные двигатели»

Гайворонская А.А.

Научный руководитель — Власова С.В.

МАИ, Москва

Достижение карьерных вершин для инженеров авиационного двигателестроения определяется возможностью полностью реализовать свой профессиональный потенциал. Языковые барьеры сужают рамки карьерного роста, особенно при общении по специальности.

Актуальность. Сегодня требуется не только знание иностранного языка для профессиональной коммуникации, но и умение интегрироваться в чёткий алгоритм действий: минимум рассуждения, максимум выводов.

Однако в эпоху «экранного мышления» у студентов наблюдается низкая концентрация внимания, и огромные объёмы информации молодые люди привыкли поглощать маленькими порциями.

Новизна данной работы состоит в разработке особых приемов обучения студентов языку специальности, English for Specific Purposes (ESP).

Гипотеза. Предполагается, что разработанное пособие облегчит студентам освоение ESP по теме «Воздушно-реактивные двигатели (ВРД)».

Методы исследования. Анализ теоретического наследия, отбор и систематизация лексического и грамматического материала, анкетирование.

Изучение трудов ученых показало, что для овладения ESP студентам необходима адаптация приемов изучения терминологии на иностранном языке под особый тип восприятия современных молодых людей на базе дискретности информации, интерактивности восприятия [1].

В целях пополнения лексической базы по теме ВРД проанализированы материалы учебных пособий, журналов «Авиационные двигатели», Theoretical and Natural Science, Journal of Propulsion Technology, Aeronautical journal, Progress in Aerospace Sciences, сайта CONF-CIAP 2024 [2, 3].

Для анализа путей оптимизации способов изучения ESP проведено анкетирование среди 82 первокурсников кафедр ВРД.

Опрос разбит на три блока: 1. Анализ мотивации изучения ESP. 2. Организация обучения. 3. Учебные материалы. Примеры вопросов: «Если Вы не изучаете ESP самостоятельно, то почему? — Нет времени / Слишком сложно / Не знаю, с чего начать». «Знания в каком разделе вы хотели бы улучшить? — Грамматика / Терминология / Изучение научных статей, документации (сертификатов, патентов, мануалов)». «Какие характеристики пособия для вас важнее? — Компактность / Иллюстративность / Простота подачи материала / Обширность диапазона тем».

По результатам опроса выявлено, что 60,5% студентов не изучают ESP самостоятельно по причинам нехватки времени, мотивации и незнания, с чего начать. По десятибалльной шкале

большинство студентов оценили свои знания от 1 до 5. Лишь 28% студентов имеют какие-либо пособия по ESP и только 36% считают их эффективными. Хотели бы улучшить свои знания в разделах терминологии 68,6% и в изучении статей, документации 65,1%. Нуждаются в удобном для них пособии 66,3% студентов. Самой важной характеристикой пособия оказалась простота преподнесённого материала. Неожиданно, но формат желаемого пособия поровну распределился между бумажным и электронным вариантом.

С учётом этих данных разработан проект пособия для студентов с рабочим названием «ESP pill или первая помощь будущему инженеру авиационного двигателестроения в изучении английского языка». Предлагаются 4 раздела в аспекте изучения ВРД: Introduction (мотивирующий блок), Techniques of scientific learning (инструкции по работе с научной литературой), Practical tasks / Illustrations (задания на отработку лексики и грамматики), Glossary (базовый словарь).

Задания представлены по принципу нарастания сложности. Грамматическое наполнение базируется на потребности студентов изучать научные материалы (времена групп Simple и Perfect, конструкция Passive Voice, формы Participles, раздел Numerals) [4].

Структура пособия адаптирована под особенности восприятия современных студентов, а именно: дробность текста, дискретность информации, коммуникационная направленность интерактивных упражнений, наглядность. Лексическое наполнение текстов и упражнений отражает запрос студентов на изучение терминологии ESP (к примеру: internal combustion engine, ceramic matrix composites, combustion chamber, low-pressure compressor, aerodynamic design, higher bypass ratio, thermal fatigue, computational fluid dynamics, etc.).

По результатам исследования сделаны следующие выводы:

1. Сегодня необходимо обновление способов изучения студентами терминологии ESP тематики ВРД на базе дискретности подачи информации и интерактивности восприятия молодых людей.

2. Студенты признают необходимость специального пособия ESP для облегчения изучения терминологии ВРД для работы с иноязычными научными материалами.

3. Разработанный учебный материал, направленный на снятие выявленных при анкетировании трудностей, позволит студентам с низким уровнем ESP освоить базовую терминологию, а также повысить заинтересованность по тематике ВРД.

Список используемых источников:

1. Asif, Dr & Bibi, Raheela & Shahzaib, Syed. (2023). A Survey of Students' Perceptions about the Role of Chatbots in English Language Learning at Graduation Level. International Research Journal of Management and Social Sciences. 4. 225-233. (Дата обращения 10.01.2024).

2. В.М.Акимов, В.И.Бакулев, Р.И.Курзинер, В.В.Поляков, В.А.Сосунов, С.М.Шляхтенко. Под редакцией С.М. Шляхтенко. 2-е издание, переработанное и дополненное. Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей / Машиностроение, 1987. 568 с.

3. Junwei Zhang. (2023). Resolving puzzles in jet engines from history and future. Theoretical and Natural Science 9(1):81-85 (Дата обращения 13.01.2024)

4.Климзо Б. Н. Ремесло технического переводчика: об английском языке, переводе и переводчиках научно-технической литературы / Р. Валент, 2017. 487 с.

Феномен интерференции и его влияние на иноязычную подготовку студентов вузов аэрокосмического профиля

Климакова С.А., Климакова Е.А.

Научный руководитель — доцент, к.п.н. Журбенко Н.Л.

МАИ, Москва

Достаточно часто студенты, при изучении иностранного языка, сравнивают его с родным языком, пытаются найти какие-либо сходные черты, а когда находят, начинают накладывать один язык на другой, использовать родной язык для выражения мыслей на иностранном. Таким образом начинают появляться ошибки, вызванные языковой интерференцией,

поскольку языки могут иметь разную структуру в зависимости от сферы деятельности. Интерференция родного языка — это следствие влияния одного языка на другой [1].

Мы обратили внимание, что ошибки, вызванные интерференцией у студентов технических специальностей, в том числе будущих специалистов аэрокосмической отрасли, отличаются от тех, которые вызваны у обучающихся неспециализированному иностранному языку. В технических вузах проводится обучение профессионально ориентированным иностранным языкам, именно при таком обучении проявляется интерференция. Существует четыре вида речевой деятельности, во всех из них есть свои особенности, которые отличают профессионально-ориентированное обучение от неспециализированного. Необходимость искать пути повышения эффективности обучения иностранным языкам студентов технических специальностей обуславливает актуальность нашего исследования. Целью нашего исследования стал поиск методических приемов работы с феноменом интерференции, учитывая особенности подготовки инженеров для аэрокосмической отрасли.

На различных уровнях языка существуют свои проблемы, связанные с интерференцией. Межязыковая интерференция в сфере фонетики часто проявляется у студентов из-за того, что они не различают разницу между звуками русского и английского языка [2]. Студенты одинаково произносят долгие и краткие звуки. Они также не соблюдают интонацию в вопросительных предложениях, а также неправильно ставят ударение в словах. Русское ударение также изменчиво, как и английское. Однако русскоговорящие студенты, теряют второстепенные ударения в длинных английских словах [3].

Лексическо-семантическая интерференция имеет свои особенности. Огромное количество слов русского и английского языков имеют множество значений. Таким образом, это создает основу для совершения ошибок учащимися.

Для многих обучающихся различие в грамматике английского и русского языков вызывает трудности. Студентам трудно определить, какой вид артикля необходимо употребить в предложениях и нужен ли он вообще в том или ином случае. Однако самым сложным является тема времен. Студенты совершают ошибки, накладывая более простые времена русского языка на сложную систему английского [3].

Для преодоления интерференции родного языка, мы предлагаем следующие методические рекомендации: анализ уровня сформированности иноязычных речевых умений, анализ сформированности навыков в рамках каждого из речевых умений для прогнозирования аспектов, в которых влияние интерференции будет особенно значимым; при обучении говорению предусматривать в планировании урока упражнения, минимизирующие фонетическую интерференцию; использовать упражнения, отрабатывающие стилистические особенности иностранного языка, в рамках обучения говорению и письму; изучать новые слова только в контексте, в словосочетаниях, уходя от «ложных друзей».

Таким образом, минимизация влияния родного языка повысит эффективность обучения иностранному языку. Результаты нашего исследования могут быть полезны для студентов и преподавателей вузов аэрокосмической отрасли.

Список используемых источников:

1. Леонтьев А.А. Язык, речь, речевая деятельность. — М.: Просвещение, 1969. 214 с.
2. Павлова Л. А., Быстренина Н. Н. Звуковая игра как средство преодоления фонетической интерференции на среднем этапе обучения английскому языку в школе // Актуальные проблемы научного знания: новые технологии тэк-2018. Материалы II Международной научно-практической конференции. 2018. №2. С. 371–375.
3. Learner English: a teacher's guide to interference and other problems 2001, Cambridge University Press.

Терминологический словарь как средство популяризации концепции воздушного старта

Клюев Г.В., Геллер В.В.

Научный руководитель — Власова С.В.

МАИ, Москва

Сегодня наблюдается растущий интерес мировой космической науки к рациональным техническим решениям, примером которых может являться система воздушного старта [1].

Актуальность темы определяется тем фактом, что результаты международных исследований по теме «Воздушный старт» публикуются в аэрокосмических журналах на английском языке, и студентам необходимо знание иноязычной инженерной терминологии.

Гипотеза работы заключается в предположении о том, что создание базового словаря терминов на английском языке по теме «Воздушный старт» упростит перевод технических текстов и повысит интерес студентов к теме исследования.

Цель и задачи: изучить теоретическую сторону вопроса на русском и английском языках; отобрать базовые термины по теме «Воздушный старт»; подготовить макет словаря для студентов; провести опрос с целью выяснения эффективности словаря специальности для улучшения навыков технического перевода и для популяризации технологии воздушного старта.

Методы: теоретический обзор литературы по теме исследования, отбор и систематизация терминов, эксперимент, опрос.

На основании исследования научных работ было выяснено, что воздушный старт — это система, состоящая из самолета-носителя и верхних ступеней ракеты-носителя с космическим аппаратом, перспективность которой позволяет на 30–40% снизить стоимость запуска. Преимущество также состоит в обеспечении выведения аппарата на орбиту с любым наклоном, в отличие от наземного старта ракет-носителей, опорная орбита которых имеет наклонение, численно равное широте космодрома, с которого осуществлялся пуск [1, 2].

Обзор статей из журналов «Новости космонавтики», «Технические науки — от теории к практике», «Актуальные проблемы авиации и космонавтики», «Journal of Aeronautics and Aerospace Engineering» и сайтов icas.org, aiaa.org, eucass-ceas-2023.eu, nasa.gov позволил отобрать узкоспециальные термины и составить глоссарий по теме «Воздушный старт».

Отбор лексики для словаря проводился на базе понятия узкоспециального термина, как термина, сфера использования которого ограничена одной конкретной научной областью. Аргументация включения термина в словарь основана на 1) принадлежности к одной теме; 2) частоте использования в профильных текстах; 3) способности сочетаться с другими терминологическими единицами и словами [3].

Предлагаемый макет словаря содержит 20 общеинженерных (например, vehicle, lift, thrust, drag, fuel, altitude) и 60 узкоспециальных терминов (таких как captive on bottom, MOW, TPS, internally carried, Sub-cooled propellant, aviation-based rocket, launch vehicles, design parameters, air launch, carrier rocket, etc.), расположенных в алфавитном порядке.

Для проверки гипотезы среди 48 студентов первого курса технических кафедр проведен эксперимент с целью выявления практической пользы словаря. Первой группе в задании на перевод предлагался научный неадаптированный текст на английском языке по теме «Воздушный старт» из 153 слов (в т.ч. 10 общеинженерных и 20 узкоспециальных терминов) с возможностью выхода в интернет и ограничением по времени в 10 минут. Другой, экспериментальной группе, предлагались те же условия и словарь авторов исследования. Результаты перевода оценивались экспертом преподавателем. При сравнении данных выяснилось, что в экспериментальной группе качество перевода было выше.

Кроме оценки уровня перевода, среди тех же студентов проведено анкетирование (7 вопросов) по оценке эффективности применения разработанного авторами словаря. Примеры вопросов: Стало ли Вам понятнее содержание текста? Возникло ли желание самостоятельно изучить данную тему на английском языке? Считайте ли Вы, что данный словарь поможет в изучении темы? с вариантами ответов «Точно да, скорее да, скорее нет,

точно нет». Анализ ответов, среди прочего, показал, что оценка пользы словаря 75%, а мотивация к изучению темы 68%.

Результаты исследования показали, что студенты положительно оценили перспективы работы по словарю при изучении темы «Воздушный старт». Также наблюдается достаточно высокий уровень мотивации респондентов к работе с материалами по теме исследования. В дальнейшей работе возможно пополнение словаря иллюстративным материалом для популяризации темы космических запусков.

Использование словаря позволит снизить сложности в переводе громоздких словосочетаний, чтении чертежей, таблиц для наиболее полной передачи смысла технической части информации [4].

Выводы. Технология воздушного старта является перспективной, и для ее изучения студентам необходимо владеть узкоспециальной терминологией на английском языке. Предложенный словарь терминов по теме «Воздушный старт» признан респондентами эффективным инструментом как для изучения англоязычной технической литературы о воздушном старте, так и для популяризации данной темы.

Список используемых источников:

1. Ю.Г. Сихарулидзе. Баллистика и наведение летательных аппаратов: учебное пособие / Ю. Г. Сихарулидзе. — 3-е изд. — Москва: Лаборатория знаний, 2015. — 410 с.
2. M. Sarigulklijn, N.Sarigul-Klijn, G. Hudson and C. Brown. A New Air Launch Concept: Vertical Air Launch Sled (VALS). Conference paper: AIAA SPACE 2012. DOI:10.2514/6.2012-5156
3. А.В. Суперанская, Н.В. Подольская, Н.В. Васильева. Общая терминология. Вопросы теории. — 6-е изд. — М.: ЛИБРОКОМ, 2012. — 243 с.
4. Б.Н. Климзо. Ремесло технического переводчика. Об английском языке, переводе и переводчиках научно-технической литературы. — 2-е изд. — М.: Р. Валент, 2006. — 508 с.

Использование видеоматериалов в процессе обучения профессионально-ориентированной лексике в вузах аэрокосмического профиля

Кураев А.А.

Научный руководитель — Анисова Е.Н.

МАИ, Москва

В нашем современном мире аэрокосмическая отрасль развивается быстрыми темпами. Всем будущим специалистам, которые хотят быть конкурентно-способными в данной отрасли, необходимо постоянно быть знакомыми с новыми материалами и актуальной лексикой, которые используются в данной сфере. Пособия и учебные материалы быстро устаревают. Постоянная необходимость обновлять материалы и использовать только актуальные данные и пособия определяет актуальность исследований, связанных с подбором новых материалов для занятий по иностранному языку в вузах аэрокосмического профиля.

Наше внимание привлекли видеоматериалы, которые доступны в Интернете. Источниками информации являются YouTube, RuTube, а также сайты авиационных кампаний и предприятий. Если материал находится в открытом доступе, то он может быть использован в учебном процессе. Такие материалы, подобранные соответствующим образом, могут обеспечить актуальность учебных материалов.

Целью нашей работы было повышение эффективности обучения профессионально-ориентированной лексике на уроках по иностранному языку у будущих специалистов технической направленности посредством использования видео материалов. В соответствии с целью, были поставлены задачи: изучение литературы по проблеме использования видео материалов в учебном процессе, классифицировать интернет ресурсы, которые могут стать источником материалов для учебного процесса, описать ситуацию с использованием видео материалов в учебном процессе нашего вуза в рамках подготовки технических специалистов аэрокосмической отрасли, предложить свой подход к использованию видеоматериалов в процессе обучения.

Многие ученые-методисты, Гальскова Н.Д., Гез Н.И. [1], Соловова Е.Н. [2] считали, что в обучающих учреждениях, таких как школа, лицеи и гимназии и учреждения высшего образования, видеоматериалы, интервью, кинофильмы и радиопередачи должны найти широкое применение. Многие образовательные учреждения уже имеют свои собственные сайты/каналы, куда они выкладывают разного рода информацию, посвященную определенной сфере обучения. Как правило, это видео научного характера, видео-объяснение конкретных тем, подобранные в открытых источниках или созданные специально, чтобы каждый мог иметь доступ к материалам.

Все ресурсы в Интернете можно классифицировать по способу представления информации и по содержанию. Классификация по способу представления информации: веб-страницы (на данный момент они являются наиболее распространенным типом информативных ресурсов в сети), база данных, файловые сервера (сервера, впрочем, как и веб-страницы являются традиционным способом хранения информации), телеконференции. Классификация по содержанию — научные публикации, справочная информация, новостная информация, научно-популярная информация.

В настоящее время владельцы различных интернет-платформ, осознавая образовательный потенциал, много вкладывают в сотрудничество с авторами обучающего и практического контента. YouTube может похвастаться такими видео-материалами как: видео в стиле Now to, видео-шоу, видео-лайфстайл, видео-интервью. Данная классификация является не полной, но данные перечисленные виды/жанры в YouTube идеально подходят нам, так как могут содержать в себе нужный материал и могут использоваться как материалы для профессионально-ориентированного иноязычного обучения студентов в вузах аэрокосмической отрасли.

Преподаватель должен осознавать цель использования видеоматериалов на занятии. Использование видеоматериалов не должно занимать все время от занятия. Просмотр роликов скорее должен служить неким шагом в упрощении понимания, изучения и закреплении материала, пройденного на уроке. Мы предлагаем использование видеоматериалов для изучения новой профессионально-ориентированной лексики и структурирования нового материала, так как уже давно научно доказано, что информация лучше усваивается, когда она визуализирована или/и четко классифицирована.

В нашем исследовании предусмотрено опытное обучение студентов, будущих специалистов по созданию новых материалов для аэрокосмической отрасли. Цель опытного обучения — определение эффективности выбранного метода обучения. Мы планируем проведение тестирования и сравнение результатов двух групп студентов, примерно 30 человек. Первая группа будет обучаться традиционным путем и заниматься обучением без видеоматериалов. Второй же группе представится возможность обучения новой лексике данным методом с просмотром обучающих видео. В конце, будет подведен итог и результаты сравнения, какая из данных групп усвоила новый материал/лексику лучше, из чего будет сделан вывод, является ли данная методика действительно лучше с точки зрения усвоения материала.

Предлагаемый подход может быть эффективным и использоваться при профессионально-ориентированном иноязычном обучении в технических вузах аэрокосмической отрасли.

Список используемых источников:

1. Гальскова Н.Д., Гез Н.И. «Теория обучения иностранным языкам. Лингводидактика и методика» — 3-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2006. — 336 с. [<http://learniteachweb.ru/articles/galskova.pdf>]

2. Соловова Е.Н. «Методика обучения иностранным языкам. Базовый курс лекций» — 3-е изд. — М. : Просвещение, 2005 — 239 с. [<https://englishtesthelper.ru/1/21.pdf>]

Семантическое поле авиационной техники: его состав и перевод лексических единиц

Петрова С.С.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Лысенко С.В.

МАИ, Москва

На сегодняшний день авиационная промышленность является интенсивно развивающейся отраслью. Во многих развитых странах постоянно происходят открытия в этой области, в числе них и англоязычные страны. Для успешного получения актуальной информации необходимо постоянно переводить специальные материалы. Потому изучение лексического состава языка довольно актуально. Необходимо понимать отношения, которыми связаны единицы лексического уровня языка, и иметь возможность подразделять их на группы согласно плану выражения и плану содержания.

Целью данной работы является анализ семантического поля авиационной техники, выделение лексико-семантических и тематических групп, входящих в его состав и рассмотрение способов и приёмов перевода терминов.

Семантика является разделом языкознания, в рамках которого рассматривается значение языковых единиц, в том числе подязыка авиационно-космической сферы.

На сегодняшний день существует множество трудов по данной тематике, однако в них не было сформировано классификации английских авиационных терминов английского языка по лексико-семантическим и тематическим группам. В рамках данной темы выделены и рассмотрены следующие лексико-семантические группы, составляющие семантическое поле авиационной техники: виды самолётов, виды двигателей, виды крыла, технические характеристики, системы, электротехническое оборудование, энергетическое оборудование, основные системы самолёта.

В работе представлены и тематические группы: типы авиационной техники (civil aircraft, trainer aircraft, water dropping aircraft, cargo aircraft), основное оборудование самолёта (primary flight display, flight data recorders, air traffic control transponder, fuel quantity indication system), устройства для управления самолётом (traffic alert and collision avoidance system, inertial navigation system, flight control system). Структура работы основана на труде учёного Е.В. Ковтун [4, с. 4–8].

В работе выделены основные лексические, грамматические и синтаксические трансформации, которые необходимо применять при переводе терминов. Работа будет произведена на основе «специфических трансформаций» Л.К. Латышева [3, с. 252–258]. Также в анализе исследованы лексические трансформации, выделенные Комиссаровым [2, с. 132–135], среди которых конкретизация, генерализация и модуляция. Рассмотрены и лексико-грамматические особенности, выделенные В.Н. Комиссаровым, которые влияют на перевод терминов [1, с. 109–112].

Таким образом, данное исследование поможет систематизировать знания о семантическом поле авиационной техники при помощи анализа терминов в его составе и создания их классификации, основанной на их формальной и содержательной структуры, их способов их перевода и трудностей, связанных с этим.

Так, к ним относится тот факт, что при переводе необходимо учитывать особенности культурной реальности определённого народа, его восприятие действительности, так как от этого будет зависеть качество перевода. В данном случае речь идёт, в том числе, о стиливых особенностях, которые проявляются в преобладании в английском языке пассивных конструкций, в то время как для русского языка их широкое применение звучит довольно неестественно, от чего страдает качество перевода.

Среди этих трудностей и выделение нужного значения термина. Оно осложнено тем, что следует выбрать толкование, принимая во внимание синтаксическую связь со всеми остальными членами предложения. В некоторых случаях нельзя вовсе произвести перевод термина из-за того, что в языке, на который осуществляется перевод, не существует такого понятия или по причине того, что говорить об этом понятии не следует по идеологическим или иным причинам. Кроме того, несмотря на степень разработки терминов, например,

авиационной сферы, переводчик может столкнуться с тем, что не обладает знаниями относительно значения той или иной лексической единицы и в этом случае ему следует прибегнуть к комплексному преобразованию текста оригинала, которое может отчасти исказить смысл высказывания. Однако всё это необходимо для достижения максимальной эквивалентности тексту оригинала и передачи основной мысли текста, подстраивая её под реалии языка, на который специалист осуществляет перевод.

Список используемых источников:

1. Комиссаров В.Н. Теория перевода. — М., 1990. — 253 с.
2. Комиссаров В.Н. Современное переводоведение. — М., 2001. — 192 с.
3. Латышев Л.К. Технология перевода. — М., 2001. — 280 с.

4. Ковтун Е.В. Английская авиационная терминосистема: лингвистический и переводоведческий анализ. Язык и социальная динамика: специальный выпуск. Красноярск, 2013. — 11 с.

Модерация студенческой конференции на иностранном языке: языковые и речевые особенности

Петросян Л.А., Кудинова И.М.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Захарова А.Н.
МАИ, Москва

В настоящее время большинство академических конференций получает международный статус, привлекая участников со всего мира. Выбор компетентного и опытного модератора, соответствующего целям, задачам, специфике и уровню конференции, имеет решающее значение для успешного проведения конференции в любой отрасли, а в частности в сфере авиации и космонавтики. В данном контексте модерация играет ключевую роль в обеспечении понимания, эффективного общения и создании благоприятной атмосферы, нацеленных на дальнейшее сотрудничество. Таким образом, изучение языковых и речевых особенностей модерации студенческой конференции на иностранном языке является актуальным направлением исследований в области современной лингвистики.

Целью исследования является установление основных языковых особенностей оформления речи ведущего (модератора) студенческой конференции «Авиация и космонавтика: от истории к современности» на немецком языке, и проведение сравнительно-сопоставительного анализа выявленных языковых особенностей в немецком и английском языках.

На основе фраз модератора по этапам ведения конференции, которые включают в себя: приветствие, представление темы и участников, объяснение хода конференции (регламент, правила и порядок выступлений), предоставление слова выступающему / просьба высказать свою точку зрения, переспрос / уточнение сущности вопроса, управление дискуссионным процессом, введение нового аспекта / переход к следующему подпункту, прерывание с целью выяснения правильности понимания вопроса, напоминание о временном регламенте, подведение итогов дискуссии, прощание, был проведен анализ сходств и различий языковых и речевых особенностей фраз модератора на немецком и английском языках. В немецком языке по сравнению с английским: 1) присутствует большое количество сложных и трудно произносимых слов; 2) предложения удлиняются благодаря рамочным глагольным конструкциям, где основной акцент переносится в конец предложения, что замедляет коммуникативное восприятие высказывания не носителем языка; 3) используется форма вежливости, выраженная при помощи личного местоимения Sie, подкреплённая большим количеством грамматических конструкций Konjunktiv II, служащего для подчёркивания формы вежливости (аналогичных конструкций в английском языке найдено не было).

На основании проведённого сравнительно-сопоставительного анализа фраз модератора по этапам ведения студенческой конференции на немецком языке по сравнению с английским можно сделать вывод о том, что подготовка к ведению конференции на немецком языке не только требует больших временных затрат на проработку языкового материала и отработку

правильного произношения и интонации, но и представляет особые сложности, что определяется описанными выше языковыми трудностями и культурными особенностями немецкого языка, а также смешением функциональных стилей (научного, публицистического и разговорного) в ходе публичного учебного коммуникационного процесса.

Список используемых источников:

1. Захарова А.Н., Литвинова М.Ю., Трубоченинова А.А. Совершенствование навыков чтения и перевода текстов авиационной тематики на немецком языке. — Москва, ИНФРА-М, 2023. — 128 с.
2. Рохлина Т.А. Немецкий язык для докладов и презентаций. Деловая и научная коммуникация. Учебное пособие для вузов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2022. — 74 с.
3. Основы теории коммуникации: Учебник /Под ред. проф. М.А. Василика. — М.: Гардарики, 2006. — 615 с.
4. Абрамова О.В. Практический анализ опыта проведения студенческой научно-практической конференции на иностранном языке в техническом вузе // Педагогический журнал. 2019. Т.9. № 1А. С. 743–748.

Особенности технического английского языка по теме «Авиационные двигатели»

Полухин А.А., Кушнир А.И.

Научный руководитель — Старчикова И.Ю.

Ступинский филиал МАИ, Ступино

Формирование и развитие англоязычной среды авиационного вуза является одной из первоочередных задач учебного процесса в техническом университете. Обзор публикаций, касающихся вопроса важности знаний английского языка инженерных профессий, показал, что в первую очередь технический английский нужен специалистам, интересующихся карьерным ростом и ищущих возможность работать в компаниях, которые хотят быть сегодня конкурентоспособными [1, 2].

Актуальность работы заключается в том, что в образовательной среде авиационного вуза важно знать особенности технического английского языка по теме «Авиационные двигатели».

Объектом исследования является — технический английский язык, используемый в технологиях авиационных двигателей.

Предмет исследования — изучение особенностей технического английского языка.

Цель исследования — проанализировать терминологию в области технического английского языка.

На основании поставленной цели были выделены следующие задачи исследования:

- Изучить имеющийся пласт английской технической терминологии;
- Обосновать актуальность применения данного подхода;
- Описать практическое применение в вузе особенностей технического английского языка;
- Выявить термины, имеющие неоднозначность перевода.

Терминология — важнейший аспект специальных языков и на сегодняшний день она является одной из наиболее сложных сфер языкознания. Несомненно, авиационная промышленность — область, богатая технической терминологией, и это особенно справедливо, когда речь идет о технологии авиационных двигателей. Данная область постоянно пополняется новыми терминами благодаря интенсивному развитию науки и техники, что нашло свое отражение в научно-технических текстах.

В мировой авиационной промышленности знание международных терминов, стандартов и правил имеет решающее значение. Использование специальных терминов технического английского языка в командах авиационных инженеров жизненно важно для четкого и эффективного общения между инженерными командами, для обеспечения соответствия международным стандартам, что нельзя недооценивать.

Глубокое понимание технического английского языка остается первостепенным в области авиационных двигателей. Оно необходимо для обеспечения соответствия всей документации, отчетов и коммуникаций, связанных с технологией авиационных двигателей, международными стандартами, способствуя беспрепятственному сотрудничеству и взаимопониманию между различными международными заинтересованными сторонами.

В настоящей работе исследовательским материалом послужили основные международные авиационные термины. Все термины были выбраны из профессионально ориентированных источников по изучению авиационных двигателей. Были отобраны терминологические словосочетания, употребляемые для описания конструкционных и эксплуатационных особенностей турбореактивных двигателей.

Знание технического английского необходимо современному инженеру для эффективного выполнения своих обязанностей. Кроме того, это знание необходимо для коммуникации, понимания новых иностранных разработок и технологий, а также для работы над международными проектами.

Проведенный нами анализ и обзор различных источников показал, что специалистам инженерных профессий необходимо владеть английским языком выше среднего уровня как по общебытовой, так и в специализированной, технической сфере. Несмотря на быстроизменяющуюся мировую ситуацию, английский используется в большинстве технических справочниках, поэтому будущему инженеру необходимо знать технический английский и постоянно повышать его уровень.

Список используемых источников:

1. Соловьева А.Е. Английская терминология авиационных двигателей: лексико-семантические, структурно-грамматические и прагматические особенности // *Litera*. — 2023. — № 8, С. 17–27.

2. Чевалков В.В., Ширшикова Е.А. Многокомпонентные термины авиационной сферы в английском языке // *Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник»*, — 2022. — № 7. — С. 4146–4152.

Оптимизация изучения иноязычной терминологии по теме «Скафандр для выхода в открытый космос»

Попова С.Е., Дмитриева П.А.

Научный руководитель — Власова С.В.

МАИ, Москва

Актуальность выбранной темы состоит в стремительном развитии пилотируемой космонавтики, ростом требований к обеспечению безопасности жизни экипажа для межпланетных перелетов, новыми запросами общества к обучению в вузах по специальности «Космическая медицина». Международный уровень сотрудничества в данной области требует от будущих инженеров овладения узкопрофильной терминологией на иностранном языке.

Однако, студенты инженеры плохо владеют узкоспециальной лексикой, как на русском, так и на английском языках. Возникает противоречие между запросами работодателя и знаниями выпускников вузов.

Новизна исследования заключается в рассмотрении темы повышения уровня усвоения иноязычной терминологии по теме «Космические скафандры» на базе специально разработанного словаря.

Гипотеза. Создание базового словаря специальности по теме «Скафандры для выхода в открытый космос» поможет студентам в научных исследованиях, повысит мотивацию и конкурентоспособность.

Цель: разработать базовый словарь с лексическими заданиями с обеспечением доступа к его электронному варианту по QR коду.

Методы исследования:

1. Теоретические: изучение трудов учёных, анализ материалов тематики «Космические скафандры».

2. Эмпирические: отбор и систематизация терминов, анкетирование закрытого типа.

Анализ научного наследия позволил авторам углубить знания по конструкции скафандров, а также конкретизировать понятие узкоспециального термина, как структурной единицы языка, используемой для передачи узкоспециализированных знаний и концепций.

С целью анализа уровня владения студентами иноязычной терминологией по теме «Космический скафандр» было проведено онлайн тестирование 32 студентов инженерных кафедр на базе вопросов по типу «Выберите верный вариант перевода», «Приведите примеры узкоспециальной лексики», т.д. Выявлено, что обучающиеся очень плохо знают узкоспециальную лексику (31% при пороговом уровне в 90%), и разница между студентами 1 и 3 курса незначительна.

Результаты опроса доказали необходимость поддержки студентов в изучении узкоспециальной иноязычной терминологии.

Для этого были предприняты следующие меры:

1. Составлен словарь узкоспециальных терминов по теме «Космический скафандр».
2. Разработаны лексические задания.
3. Подобраны иллюстрации, видеоматериалы для закрепления изученного.

Для отбора терминов проанализированы следующие научные материалы печатного, аудио, видео, электронного формата: «Скафандр «Беркут» А.А. Леонова для выхода в открытый космос», «Выход Сергея Прокопьева и Дмитрия Петелина в открытый космос», «Spacewalk Spacesuit Basics», «NASA astronaut Stephen Bowen prepares a spacesuit for a spacewalk», «Выход Олега Артемьева и Дениса Матвеева в открытый космос с использованием скафандра Орлан-МКС», видео «What Happens During a Space Walk — with Kevin Fong and Dan Tani», «In pictures: The most memorable spacewalks in history», «What Is a Spacewalk? (Grades K-4)», «What It's Really Like To 'Walk' In Space», сайты Roscosmos, nasa.gov, esa.int, cnsa.gov.cn.

В процессе исследования были отобраны наиболее часто встречающиеся термины и распределены по группам: 1. Общепонятные термины (experience, amplifier, filter), узкоспециальные термины (extravehicular activity, flexible arms, umbilical tethers, hard upper torso), аббревиатуры (EVA, EMU, EIVA), имена собственные (Orlan space suit, Salyut, MIR orbiting stations).

В словарь дополнительно включены задания для автоматизации лексики по теме исследования (кроссворды, упражнения true/false, jigsaw, matching, practice video), иллюстрации, схемы скафандров с терминами к ним.

Выводы.

1. Подготовка в вузе конкурентоспособного инженера направления «Космическая медицина» требует овладения иностранным языком специальности.
2. Большая часть студентов, даже на старших курсах, практически не владеют профессиональной лексикой на иностранном языке.
3. Разработанный авторами электронный словарь базовых терминов с лексическими заданиями тематики «Космический скафандр» нацелен на облегчение изучения терминов, повышение мотивации к будущей профессии.

Список используемых источников:

1. Бархударов Л. С. Язык и перевод (Вопросы общей и частной теории перевода). М., «Международ. отношения», 1975 г. — 240 с.
2. Соколов А.А., Башилов А.С. Гидрокомплекс орбитального корабля "Буран". Изд-во МАИ, 2006. — 287 с.
3. Волович В.Г. Жизнеобеспечение экипажей летательных аппаратов после вынужденного приземления или приводнения Изд.: Наука, 1976г.
4. NASA [Электронный ресурс]: <https://www.nasa.gov/directorates/heo/home>. URL (дата обращения: 20.01.2024)

Стилистическая дифференциация и семантическая группировка слов и словосочетаний как метод эффективного изучения специальной авиационной арготической лексики в английском языке

Птушкина Е.А.

Научный руководитель — Инюшева М.С.

МАИ, Москва

В свете постоянного развития авиационной отрасли, эффективный метод изучения специальной авиационной сленговой лексики на английском языке важен для подготовки квалифицированных специалистов, которые могут эффективно функционировать в международной среде.

Новизна:

Сами по себе методы стилистической дифференциации и семантической группировки неоднократно применялись для повышения эффективности изучения лексики в разных сферах, где была доказана их результативность. Однако нет четко сформированной позиции в отношении применимости данных методов к изучению авиационной жаргонной лексики.

Цель:

Сформировать мнение о применимости стилистической дифференциации и семантической группировки слов и словосочетаний к изучению авиационной арготической лексики и их результативности посредством эксперимента

Задачи:

- 1) Подробно изучить и проанализировать специфику методов стилистической дифференциации и семантической группировки слов и словосочетаний при изучении языка [1, 2].
- 2) Продифференцировать и сформировать семантические группы слов авиационного сленга [3].
- 3) Провести эксперимент с применением данных техник изучения авиационной лексики и без.
- 4) Сделать выводы об эффективности методов стилистической дифференциации и семантической группировки на основе результатов эксперимента с изучением групп слов и словосочетаний.

В современном веке глобализации и развития технологий, авиационная отрасль занимает особое место как в международных связях, так и в повседневной жизни. Овладение специальной авиационной лексикой на английском языке, в том числе и сленгом, становится необходимостью для специалистов этой области для комфортной коммуникации. Однако, изучение такого активного словаря может представлять определенные трудности из-за специфичности и объема.

Обзор научных публикаций показывает:

1. Стилистическая дифференциация слов является важным инструментом для изучения специальной авиационной лексики.
2. Семантическая группировка слов позволяет систематизировать и классифицировать специфические термины и понятия в авиационной сфере.
3. Применение метода стилистической дифференциации и семантической группировки слов способствует более эффективному запоминанию и освоению авиационной лексики.
4. Различные стилистические особенности и семантические связи слов в авиации облегчают понимание и восприятие специальных текстов и документов.
5. Изучение и анализ стилистической дифференциации и семантической группировки слов в авиационной лексике помогает расширить словарный запас и повысить профессиональные навыки коммуникации в данной области.
6. Данный метод позволяет облегчить процесс обучения и повысить эффективность получения специальных знаний в авиационной сфере.

Список используемых источников:

1. Семенова Е. В., Немчинова Н. В. Лексикология английского языка. Учебное пособие — Изд. 2-е испр. и доп. Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2019. 152 с. — ISBN 978-5-7638-4007-0

2. Столбовская М. А. «Применение семантической группировки слов и словосочетаний при обучении космической лексике английского языка» // cyberleninka.ru российская научная электронная библиотека. Журнал Проблемы современного образования. 2019. С. 225 — 228. / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-semanticheskoy-gruppirovki-slov-i-slovosochetaniy-pri-obuchenii-kosmicheskoy-leksike-angliyskogo-yazyka> (дата обращения: 05.02.2024)

3. Словарь авиационного сленга в английском языке // sierrahotel.net / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL: <https://sierrahotel.net/pages/aviation-slang-pilot-slang> (дата обращения: 27.02.24)

Различия в международной терминологии сталей как причина коммуникативных проблем в кросскультурном профессиональном сообществе, а именно аэрокосмической отрасли

Сироткина М.А., Озерцовская Д.И.

Научный руководитель — Судилина Е.В.

МАИ, Москва

Одной из форм коммуникации является профессиональная коммуникация — взаимодействие между людьми в профессиональной сфере официальных отношений. Однако далеко не всегда люди одной специальности могут понять друг друга в силу различных проблем, связанных с терминологией, маркировками и гостами. Тема нашего проекта — маркировка стали, ее виды, проблемы, с которыми сталкиваются специалисты материаловеды при коммуникации с коллегами из разных стран из-за разночтений и несовпадения терминологии. Студенты материаловеды и металлоруды, которые собираются работать в аэрокосмической отрасли, сталкиваются с терминологической путаницей. Необходимость поиска возможностей согласования различных систем названия сталей с русской и англоязычной терминологией определила актуальность исследования.

Соответственно цели, мы поставили перед собой задачи — определить причины возникающих трудностей (отсутствие единой международной системы сертификации материалов, сложности в понимании российских гостей), изучить существующие системы терминологии стали, составить памятку по данной проблеме для студентов вузов аэрокосмической отрасли, обучающихся по направлению подготовки «Материаловедение и технологии материалов».

Начнем с рассмотрения Российского ГОСТа. Вовод стали довольно много, из-за этого есть небольшая путаница у людей, которые совершенно не знают о нормировке в целом. Многие не знают, что означают те или иные буквы в ГОСТе. К примеру, У обозначает, что сталь углеродистая. Рядом всегда ставится цифра, показывающая содержание этого элемента в долях сотых процента. Химические элементы обозначаются следующим образом: Г-марганец, Х-хром, Н-никель, Ф-ванадий, В-вольфрам, М-молибден, А-азот, С-кремний. Легирующие компоненты пишутся после главного элемента(углерода). Для обозначения чистоты стали используется буква А (минимальное содержание серы и фосфора). Обычно А ставится в конце. Расшифруем несколько сталей. Пример высокопрочной стали: 30ХГ3НА-сталь с содержанием 0,30% углерода, хрома, марганца, кремния, никеля. Сталь чистая [1].

Европейская маркировка сталей, также известная как система обозначения сталей по стандарту EN 10027, является системой классификации и обозначения сталей, используемой в странах Европейского союза. Обозначение сталей включает буквенно-цифровой код, который предоставляет информацию о составе стали и ее свойствах. Нужно понимать, что единой европейской системы маркировки не существует, и она разнится не только от страны к стране, но и от предприятия к предприятию [2].

Американская маркировка сталей, также известная как система обозначения сталей по стандарту ASTM (American Society for Testing and Materials) или AISI (American Iron and Steel Institute), является широко применяемой системой классификации и обозначения сталей в Соединенных Штатах и других странах, которые используют американские стандарты. AISI система обозначает конструкционные стали с использованием четырехзначных кодов, где первая цифра указывает на основной класс стали, а последние три цифры — на специфические свойства и состав стали. ASTM стандарты предоставляют подробные технические спецификации для различных видов сталей, которые определяют химический состав, механические свойства, термическую обработку и другие характеристики стали [3].

Китайская маркировка сталей основана на системе обозначений, утвержденной Китайским национальным стандартом (GB/T). Она основана на комбинации букв и цифр, которые указывают на химический состав и механические свойства материала. Буквы указывают на тип стали или ее химический состав, а цифры обозначают механические свойства, обработку или другие характеристики стали. Важно отметить, что китайская маркировка сталей имеет свои особенности и отличается от других систем классификации, таких как ASTM или EN. Например, "Q" также может указывать на строительные стали, "Z" — на высокопрочные стали, "W" — на углеродистые стали.

Учитывая все вышеперечисленное, встает вопрос, каким образом различные предприятия из разных стран вообще понимают друг друга. Отсутствие специалистов, разбирающихся в маркировках сталей разных стран и налаживающих связи между предприятиями на международном уровне, является проблемой. Несмотря на значимость и растущую потребность в подобного рода людях, специфическая профессия, полностью посвященная этой области, все еще не сформировалась. В рамках обучения профессионально-ориентированному иностранному языку студенты должны получить минимальные знания для понимания данной проблемы.

Для решения этой проблемы необходимо развивать специализированные образовательные программы и курсы, которые позволят специалистам освоить навыки маркировки сталей разных стран и налаживания международных связей. Также важно стимулировать сотрудничество для создания единого и стандартизированного подхода к маркировке сталей. Результаты нашей работы могут быть полезны студентам, которые занимаются материалами для авиакосмической отрасли.

Список используемых источников:

1. Туманов А. Т. (1982). Авиационные материалы. Справочник.
2. CEN. (2005). European standard EN 10027, Designation systems for steels.
3. McCormac, J. C., & Csernak, S. (2011). Structural Steel Design (5th ed.). Prentice Hall.

Частотность употребления аббревиатур в авиационной публицистике

Солобоева Н.В.

Научный руководитель — Резникова Л.В.

МАИ, Москва

В современных технических текстах широко применяются сокращения, которые позволяют передать значительный объем информации, уточнений и смысла, используя при этом минимальную материальную оболочку языка. Исходя из этого, именно аббревиация позволяет повысить эффективность коммуникативной функции языка [1].

Актуальность работы заключается в возможности практического применения будущими специалистами переводческой деятельности примеров перевода устоявшихся и новых аббревиатур в авиакосмическом языке.

Целью работы является изучение частотности использования аббревиатур и идентификация различных видов аббревиации, применяемых в авиационном английском языке, а также создание словаря наиболее распространенных аббревиатур, используемых в авиационной публицистике.

Теоретической базой данного исследования являются работы отечественных авторов, таких, как Е.С. Исаева, О.С. Ахманова, В.В. Борисов, М.А. Столбовская. А также материал статей новостных порталов: «Simple Flying», «Aerotime Hub», «Aviation Week Network»,

«Textron Aviation News», «Flight Global», «World's Premier Independent Aviation News Resource», «Aviation News».

О.С. Ахманова подчеркивает, что аббревиатура — это слово, составленное из сокращенных морфем словосочетания. Большинство лексикографов определяют процесс аббревиации схожим образом [2].

Преимущественно аббревиационные конструкции употребляются с целью увеличения лексического запаса прогрессивных областей науки и техники: космонавтики, ракетостроения, радиоэлектроники, атомной энергетики и др. [3].

Анализируя публицистические статьи в области аэрокосмической тематики, автор исследования обнаружил, что из 102 исследованных статей в 91 встречаются аббревиатурные конструкции. Более чем в каждой статье присутствует несколько аббревиатур. Разнообразие выявленных аббревиатур в процессе исследования можно объединить в следующие группы:

1) авиационные конструкции (ATR — air turbo-rocket engine; TTBW — Transonic Truss-braced Wing; HPC — High-pressure Compressor; CVR — Cockpit Voice Recorder; EVS — Enhanced Vision System). (86%);

2) авиационные компании (COMAC — Commercial Aircraft Corporation of China; HBC — Hawker Beechcraft Corporation; IAE — International Aero Engines; GAMA — General Aviation Manufacturers Association). (68%);

3) страны (UAE — United Arab Emirates, US — United States, UK — United Kingdom). (54%);

4) международные организации и программы (IAM — International Association of Machinists; ENJJPT — Euro NATO Joint Jet Pilot Training Program; EBACE — European Business Aviation Conference and Exhibition; AAR Corp. — Allen Aircraft Radio Corporation). (49%);

5) модели самолетов (The 737-800 BCF — Boeing Converted Freighter). (43%);

6) должности (CEO — Chief Executive Officer; CFO — Chief Financial Officer; NDT inspector — Non-Destructive Testing inspector). (21%).

Использование аббревиатур в авиационной публицистике характеризуется их чрезмерным, несистематизированным разнообразием, возникающем при каждом новом изобретении модели или конструкции. В качестве примера можно привести соотношение между использованными и повторяющимися аббревиатурными конструкциями: из более чем двухсот использованных аббревиатур в исследуемых статьях лишь 10 встречаются чаще всего. Учитывая наиболее употребляемые аббревиатуры в авиационной публицистике, автором был составлен пополняемый словарь, имеющий практическую пользу для будущих специалистов в области переводческой деятельности.

Данные конструкции приводятся ниже:

1) US FAA (US Federal Aviation Administration) — Федеральное авиационное управление США;

2) SAF (Sustainable Aviation Fuel) — Экологически чистое авиационное топливо;

3) EASA (European Union Aviation Safety Agency) — Агентство безопасности полетов Европейского союза;

4) eVTOL (electric Vertical Take-Off and Landing) — Электрический летательный аппарат с вертикальным взлетом и посадкой;

5) EAD (Emergency Airworthiness Directive) — Аварийная директива по летной годности.

6) EBACE (European Business Aviation Convention & Exhibition) — Европейская конференция и выставка деловой авиации;

7) FADEC (Full Authority Digital Engine Control) — Автономная цифровая система управления двигателем;

8) ALPA (Air Line Pilots Association, International) — Международная организация пилотов гражданской авиации;

9) UAS (Unmanned Aircraft (Aerial) Systems) — Беспилотные летательные системы;

10) MCAS (Maneuvering Characteristics Augmentation System) — Система улучшения характеристик маневрирования.

Таким образом, разнообразие используемых аббревиатур в авиационной публицистике создает трудности в вопросах правильного понимания текста и может привести к искажению его значения. Это требует постоянной работы над поиском верного перевода для передачи точной информации. Поэтому для качественного понимания и перевода публицистических текстов авиационной направленности необходимо знать не только расшифровку аббревиатур, но и сами аббревиатурные конструкции, а также понимать значение каждого сокращения.

Список используемых источников:

1. Исаева Е.С. Способы перевода военно-авиационных терминов с английского языка на русский, 2020. <https://scipress.ru/philology/articles/sposoby-perevoda-voenno-aviatsionnykh-terminov-s-anglijskogo-yazyka-na-russkij-yazyk.html> (Дата обращения: 05.01.2024)

2. Ахманова О.С. Словарь лингвистических терминов. — М.: Советская энциклопедия, 1966. — 25 с.

3. Борисов В.В. Аббревиация и акронимия. Военные и научно-технические сокращения в иностранных языках. Под ред. проф. Швейцера А. Д. — М. Воениздат. 1972. — 3 с.

4. Столбовская М.А. Аббревиатуры и усеянные слова в авиационной лексике английского языка, 2018. <https://cyberleninka.ru/article/n/abbreviatory-i-usechyonnye-slova-v-aviatsionnoy-leksike-anglijskogo-yazyka/viewer> (Дата обращения: 10.01.2024)

Определение авторства и жанра литературного произведения на основе общей теории инвариантов предельных состояний в природных системах

Фадеев Д.В.

Научный руководитель — профессор, д.ф.-м.н. Ревизников Д.Л.

МАИ, Москва

С появлением легкого доступа к различным данным и расширением возможностей поиска, копирования и распространения информации в сети, становится все более важной задача определения авторства. Вопросы, связанные с идентификацией автора, имеют значение в лингвистических, исторических и криминалистических исследованиях. Использование электронных устройств позволяет ускорить и упростить процесс распознавания авторства, в отличие от привлечения большого числа экспертов для этой цели.

Однако основное предположение, без которого невозможно автоматическое определение авторства, заключается в том, что каждый текст обладает некоторым набором скрытых свойств, уникальных для каждого зрелого автора. Эти свойства вносятся неосознанно и не зависят от желания писателя, поэтому практически невозможно их подделать.

Основная сложность заключается в поиске универсальных характеристик (инвариантов), которые будут отличать каждый авторский стиль от других.

Цель настоящего исследования заключается в поиске новых инвариантов, которые могут отражать индивидуальный стиль автора и определять авторство и жанр литературного произведения. Для этого была использована общая теория предельных состояний в природных системах, предложенная в работе «Инварианты дистортности» (2015).

Для достижения цели исследования решались следующие задачи:

- Изучение существующих методов анализа текстовых характеристик, применяемых для определения авторства текстов отечественными и зарубежными исследователями;

- Обоснование критерия авторского инварианта с использованием общей теории предельных состояний в природных системах;

- Разработка методики идентификации автора неизвестного текста и выявление информативных параметров авторского стиля;

- Апробация и анализ результатов классификации текстов, написанных на русском языке.

В качестве метода нахождения авторского инварианта была использована методика геометрического отображения предельных состояний структурной системы. А ее критерий оценки предельных состояний, параметр нелинейности χ_a , был использован нами в качестве инварианта авторского стиля.

На основе предлагаемого нового инварианта параметра нелинейности X_a и уже имеющегося — энтропии текста H_{32} , была разработана уникальная методика определения авторства текста.

В работе на основе данной методики было проанализировано более 300 произведений, принадлежащих 41 автору. Общее число произведений, автор которых был определен верно, составило 52%. А в случае, когда истинный автор оказывается в числе только 3-х претендентов на авторство, процент верно определенных книг составляет уже 78%.

Проведенные дополнительные исследования зависимости точности классификации от числа текстов по каждому автору показали, что полученные результаты могли быть еще лучше, если число анализируемых книг по каждому автору было бы больше 10. Тогда точность определения составила бы уже соответственно более 70% и 95%.

В работе был рассмотрен вопрос о том, существует ли статистическая связь между произведениями, написанными в одном типе. Было проанализировано 111 лирических (стихи, поэмы, оды и басни) и 442 относящихся к прозе произведений. Для каждого произведения был рассчитан его инвариантный код X_a и H_{32} . Анализ построенных гистограмм распределений X_a и H_{32} показал, что для прозы энтропия распределена по нормальному закону, а для стихов она имеет левостороннее распределение. Причем их моды находятся на значительном удалении друг от друга, что позволило в качестве критерия кластеризации взять интервальную оценку. Проведенная кластеризация текстов показала достаточно высокую достоверность, более 85% текстов в каждой группе были идентифицированы правильно.

Проведенные исследования доказывают возможность на основе предложенного нового инварианта параметра нелинейности и широко уже используемого энтропии текста с большей степенью точности определять автора произведения, что также позволяет существенно снизить временные затраты идентификации автора на 1–3 порядка, по сравнению с существующими методиками за счет уменьшения числа оцениваемых характеристик (инвариантов) текста.

Список используемых источников:

1. Гоголева В.А., Шкарапута А.П. Математический подход к установлению авторства и времени создания текста на основе исследования его энтропии // Вестник Пермского университета. Серия: Математика. Механика. Информатика, 2014. — С.22–28.

2. Миронов В.А. Инварианты дистортности / В.А. Миронов, Б.Ф.Зюзин. Монография. — Тверь: ТвГТУ, 2015. — 168 с.

Важность интеграции иностранного языка в работу над студенческими аэрокосмическими проектами на примере темы «Разработка учебно-тренировочного самолёта»

Шевко А.В., Солдаткин М.Ю.

Научный руководитель — Власова С.В.

МАИ, Москва

Актуальность. Иностранный язык (ИЯ) специальности необходим для обмена международным опытом при научно-исследовательской работе студентов (НИРС), примером которой является разработка модели учебно-тренировочного самолета (УТС).

Гипотеза. Интеграция профессионально направленного ИЯ в студенческие инженерные проекты повышает их эффективность.

Цель исследования. Доказать важность ИЯ специальности для аэрокосмических проектов НИРС.

Задачи. Изучить научные труды о роли ИЯ в НИРС, о принципах перевода терминов специальности (ТС) и материалы по разработке УТС. Составить глоссарий на ИЯ по УТС. Разработать рекомендации для интеграции ИЯ в НИРС аэрокосмической тематики.

Методы исследования. Анализ литературы, отбор и систематизация терминов, опрос, интервью.

Анализ трудов ученых показал, что ИЯ позволяет участникам НИРС анализировать мировой инженерный опыт, оптимизировать работу по проектам, улучшать навыки коммуникации в профессии.

Знание ТС на ИЯ для UTC позволило изучить опыт НИРС ведущих аэрокосмических вузов мира (MIT, Beihang University, Cranfield University, Delft University of Technology) по темам Carbon nanotube films, Aerospace-grade composites, Advanced 3D printing, Ultra-low fuel consumption UAV.

Изучение ТС на ИЯ облегчило сравнение конструкционных особенностей UTC российских и зарубежных аналогов, таких как Як-152, Cessna 172, Piper J-3 Cub, CIRRUS — SR20, их ТТХ и ЛТХ на базе таких ТС как (strutless cantilever wing, useful load, tubular steel gear leg, cabin dimensions, six-cylinder air-cooled engine), аббревиатур (supplemental type certificate/STCs, automatic direction finder/ADF), единиц измерения (MTOW = 2,450 lb, 180 hp/horsepower) по материалам сайтов elibrary.icao.int, docs.lib.purdue.edu/atgrads, acl.mit.edu/publications. Собран глоссарий на 82 термина на английском (Touch and go — посадка с немедленным взлетом, Crosswind landing — посадка при попутном ветре, Flight training device — устройство для летной тренировки) и 10 терминов на немецком (manöver im Flug — маневры в полете, Flugausbildungsplan — учебный план летной подготовки).

ТС на ИЯ важны при 3D моделировании UTC с использованием программного обеспечения Autodesk 3ds Max, Blender, NX, Solid Works, экспортом модели в нужные форматы (.obj, .fbx) для анализа конструкции самолета на прочность, расчета аэродинамических характеристик, визуализации компонентов. Примерами ТС являются: yawing moment, Re number, reference length, drag coefficient.

В проекте UTC при оформлении сертификата летной годности разработчикам необходимы ТС certificate of airworthiness — сертификат летной годности, scheduled inspection control — плановый инспекционный контроль, information withdrawal system — система снятия информации, critical wear — критический износ, acceptance tests — приемсдаточные испытания.

Для анализа проблем интеграции ИЯ в НИРС проведен опрос 80 студентов по 10 вопросам, среди которых: «Что для Вас наиболее сложно на ИЯ: изучение сертификатов, патентов, мануалов, научных инженерных статей?», «Расставьте Ваши приоритеты применения ИЯ специальности: общение с партнерами из других стран, переписка с заказчиками, клиентами, поставщиками?» и др. По результатам 97% признают важность интеграции ИЯ в НИРС; 64% опрошенных использовали бы технический ИЯ для чтения литературы специальности; только 23% в должной степени владеют терминологией и используют ИЯ в общении с иностранными студентами. Результаты подтверждают необходимость интеграции ИЯ в НИРС.

Для развития коммуникации на ИЯ с командой UTC проведен семинар по теме «Determination of the relative fuel reserve: new approaches» и дискуссия «Principle of modernization of the aircraft AN-148, AN-158, and AN-178 for improving their fuel efficiency and increasing competitiveness». Были отработаны такие ТС как relative mass of fuel, starting thrust of all engines, relative navigational fuel reserve on the aircraft, проведены имитационные диалоги с заказчиком на базе таких ТС как raining aircraft — UTC, trainer — тренажер, flight training — летная подготовка.

Для снижения риска ошибок и автоматизации ТС для UTC проведен интерактивный тренинг на ИЯ (дискуссионная пирамида, fishbowl technique, мозговой штурм, case study, групповой пазл).

Предложены рекомендации: использовать при переводе ТС проверенные ресурсы (Begell Digital Library, multitrans.com, World Scientific Publishing); в коммуникации на ИЯ придерживаться простых языковых конструкций.

Выводы.

1. Знание ИЯ специальности необходимо в НИРС для изучения международного опыта, развития коммуникации в профессии.

2. Интеграция ИЯ в инженерные проекты повышает эффективность работы, снижает риск ошибок.
3. Разработанные рекомендации помогут команде студентов в проекте УТС.
4. Предложенный глоссарий по УТС на ИЯ упростит студентам изучение научных трудов, анализ документации, сертификатов, чтение чертежей.

Список используемых источников:

1. Лейчик В.М. Терминоведение: Предмет, методы, структура. Изд. 4-е. // ЛИБРОКОМ. 2009. 256 с.
2. Власова, С. В. Совершенствование языковой подготовки по инженерно-техническим специальностям в МАИ // Авиация и космонавтика : Тезисы 20-ой Международной конференции, Москва, 22–26 ноября 2021 года. Москва: Издательство «Перо». 2021. С. 556–558.
3. Дмитриева, Е. В. Роль проектной деятельности в процессе изучения дисциплины "Иностранный язык для деловой коммуникации" студентами нелингвистических специальностей вуза // Мир науки. Педагогика и психология. 2023. Т. 11, № 1.
4. Киселев М. А., Левицкий С. В., Моршкин Д. В., Подобедов В. А. Особенности летно-технических характеристик нового учебно-тренировочного самолета Як-152 // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2021. Т. 24, № 2. С. 105–118.

Лингво-информационный анализ научно-популярного текста

Щипков Н.А.

Научный руководитель — доцент, к.б.н. Шейпак О.А.

МАИ, Москва

В настоящее время, в условиях информационного общества, читатель часто сталкивается с недостоверными статьями, которые вводят его в заблуждение, в том числе, и в профессиональной сфере. Данная ситуация определяет актуальность проведения исследований, направленных на выявление критериев отличия истинной информации от сфабрикованной. Поэтому целью данной работы является определение данных критериев достоверности научно-популярного текста.

В соответствии с целью работы мы поставили перед собой следующие задачи: анализ литературы по проблеме; анализ научных и научно-популярных статей предположительно истинных из рецензируемых журналов и доказанно фейковых, из источников, специализирующихся на доказательстве обмана; формулировка рекомендаций для студентов технических специальностей.

Анализ статьи следует начать с изучения издания, где материал опубликован, и автора. Репутация издания — косвенное доказательство правдивости информации. Научный путь автора — гарантия обоснованности исследования и его результатов. Факторами отстранения от научного мира являются, например, фальсификация научных фактов, вольная интерпретация научных теорий, включение различных ненаучных достижений в научную деятельность [1].

Опираясь на интерпретацию понятия «лженаука» можно выявить специфические признаки, в чём она (лженаука) заключается. Признаками являются: использование мифологических, религиозных или политических понятий в научно-исследовательской работе; обращение к авторитету людей, далёких от науки, в публицистике или научной фантастике; невозможность опровергнуть или подтвердить правильность теории, когда автор утверждает о её безусловной действительности; чрезмерное употребление научных терминов и придание им значений, отличных от общепринятых; бескомпромиссность, достижение быстрых и инновационных результатов, которые наука не способна достичь либо по своей природе, либо в данный момент времени; обращение к медиа-сообществу вместо научного сообщества [1].

Для анализа структуры текста существует теория риторической структуры (RST), которая разделяет риторически «автономные» части текста, некоторые из которых более заметны (они

называются «ядрышками») чем другие (называемые «спутниками»). В последние десятилетия, наблюдения и предыдущие исследования RST подтвердили, что авторы склонны подчёркивать определённую часть текста, чтобы выразить наиболее важную идею для достижения цели статьи. Эти части могут быть систематически определены с помощью анализа риторических связей среди более или менее существенными частями текста. Теория риторической структуры помогает описать и количественно оценить связность текста с помощью разделения составляющих на «ядрышки» и «спутники». Главной функцией этого разграничения является описание значения того, почему и как одна часть текста связана с другими в виде иерархического дерева, которое и является представлением текста для структуры RST. Согласно анализу RST, «доказательства» никогда не используются для связи частей сомнительного текста, но используются часто в правдивых историях. Это может показывать на три аспекта: авторы недостоверных историй не видят никакой цели в предоставлении читателям дополнительной информации для повышения их веры в основную идею текста писателя; правдоподобие информации, представленной в «спутнике» было недостаточным для признания связи между «ядрышком» и «спутником» как доказательство; или и то, и другое [2].

Лексическое содержание статьи также может послужить индикатором её качества. Фактически, хороший текст в состоянии готовности является ни слишком коротким (неполное освещение темы), ни слишком длинным (многословное содержание). Хорошая статья должна быть достаточно ясной, адекватно организованной, визуалью адекватной и содержать соответствующие ссылки и/или внешние источники. Хорошая статья организована в разделы (например, «Введение», «Материалы и методы», «Список источников»). В качественной статье текст разделов и подразделов должен быть дополнительно разделён для лучшего ориентирования читателя по тексту. Разница между самым коротким и длинным разделом должна быть минимальна, так как присутствие очень маленьких разделов может указывать на его неполное содержание. Хорошо написанная статья имеет достаточное и сбалансированное количество цитирований. Наличие изображений помогает сделать содержание более понятным и визуалью приятным [3, 4].

В ходе нашего исследования мы проанализировали множество статей аэрокосмической тематики и результаты были представлены в виде рекомендаций для студентов технических специальностей вузов аэрокосмической отрасли, в частности МАИ (НИУ).

Список используемых источников:

1. R. Livshits. (2020, March 17). The Markers of Pseudoscience. Proceedings of the International Scientific Conference 'Far East Con' (ISCFEC 2020), 212–221. doi:10.2991/aebmr.k.200312.032
2. Rubin, V. L., & Vashchilko, T. (2012). Identification of truth and deception in text: Application of vector space model to rhetorical structure theory. Proceedings of the Workshop on Computational Approaches to Deception Detection, 97–106.
3. Rashkin, H., Choi, E., Jang, J. Y., Volkova, S., & Choi, Y. (2017, September). Truth of Varying Shades: Analyzing Language in Fake News and Political Fact-Checking. In M. Palmer, R. Hwa, & S. Riedel (Eds.), Proceedings of the 2017 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (pp. 2931–2937). doi:10.18653/v1/D17-1317
4. Bassani, E., & Viviani, M. (2019). Quality of Wikipedia Articles: Analyzing Features and Building a Ground Truth for Supervised Classification. KDIR, 338–346.

Секция №9.6 Связи с общественностью и реклама в аэрокосмической отрасли

Кинематограф как средство формирования имиджа аэрокосмической отрасли

Алавердян А.А.

Научный руководитель — Гуляев В.В.

МАИ, Москва

Авторы исследуют специфику использования кинематографических жанров организациями в аэрокосмической отрасли в рамках коммуникативной деятельности. Поскольку организации формируют свое информационное пространство, критической становится положительная окраска информации, способствующая эффективному воздействию на целевую аудиторию. В наше время традиционные СМИ теряют интерес зрителей, и поэтому организации вынуждены искать новые каналы коммуникации, такие как социальные сети и блоги. Кинематограф, в свою очередь, играет особую роль, предоставляя возможности для развлечения, информирования, образования, социального взаимодействия и воспитания.

В аэрокосмической сфере воздействие на целевую аудиторию имеет свои особенности, так как данная отрасль является стратегически важной и привлекает повышенное внимание общественности и СМИ. Важно отметить, что распространение определенной информации может быть ограничено из-за ее классификации как государственной, коммерческой или иной конфиденциальной информации, защищаемой законом.

Кинематографические произведения в виде полнометражных и короткометражных фильмов играют ключевую роль в формировании информационного пространства организаций аэрокосмической отрасли в России. Они эффективно используются для создания положительного имиджа отрасли, компаний, а также для продвижения продукции и услуг. Такие фильмы, независимо от их жанра (игровой или документальный), позволяют трансформировать взаимодействие коммуникатора и аудитории, расширяют коммуникативные возможности пространства и способствуют более быстрому обмену информацией.

Цель исследования — изучить влияния фильмов о космосе начала 21-го века на общественное представление о специфике освоения космического и воздушного пространства.

Задачи исследования:

- 1) Выявление роли кинематографа в популяризации темы космоса.
- 2) Анализ и сравнение различных фильмов о космосе и воздушного пространства.
- 3) Анализ технологии визуализации космического пространства
- 4) Научный аспект сценариев анализируемых фильмов.

Таким образом, использование кинематографических жанров организациями в аэрокосмической отрасли для коммуникативной деятельности имеет большое значение. Фильмы о космосе позволяют не только создавать положительный имидж отрасли и компаний, но и продвигать их продукцию и услуги. Кинематографические произведения играют ключевую роль в формировании информационного пространства, расширяют коммуникативные возможности и способствуют более эффективному обмену информацией. Исследования по влиянию фильмов о космосе на общественное представление об освоении космического и воздушного пространства могут принести ценные результаты для отрасли.

Список используемых источников:

1. Зотов В.В. (2014). Коммуникативная сущность социальных институтов // Коммуникология. Т.2. No1.
2. Каган М.С. (1997). Эстетика как философская наука. СПб.

3. Колганова Н.Ф. (2011). Коммуникативное пространство кино // Философские науки. №11. С. 141.
4. Манойло А.В. (2003). Государственная информационная политика в особых условиях: Монография. М.: МИФИ
5. Татьяна Салахиева-Талал «Психология в кино», 2019

Интеграция рекламных и PR-инструментов при продвижении авиационной компании

Астафьев Д.О.

Научный руководитель — Гуляев В.В.

МАИ, Москва

Для авиакомпании ключевыми факторами успеха являются проведение рекламных и PR-мероприятий, направленных на популяризацию ее услуг [2]. Экономические показатели тесно связаны с результатами пиара и рекламы, и важно, чтобы эти два инструмента работали вместе в целях обеспечения успеха компании.

Основной целью исследования является определение оптимального взаимодействия рекламы и PR, учитывая их влияние на удовлетворение общественных потребностей и формирование отношений организации с различными социальными группами [1].

Для достижения поставленной цели необходимо рассмотреть основные инструменты рекламы и пиара и их совокупное взаимодействие.

Основная функция рекламы заключается в информировании, убеждении и напоминании потребителю о продукте через прямое и неличностное взаимодействие с целевой аудиторией. В то же время, PR помогает достичь гармонии в восприятии компании и ее деятельности со стороны потребителей путем установления диалога с общественностью.

Реклама активно формирует общественное мнение и влияет на образ организации в глазах общественности. В свою очередь, реализация PR-кампаний способствует повышению имиджа фирмы и стимулирует многогранный процесс сбыта, помогая рекламным инструментам более эффективно продвигать услуги.

Профессиональная деятельность в области PR ориентирована на продвижение не только товара, но и самой организации, а также не только на рынке, но и в обществе. PR имеет способность создавать эффект "взгляда со стороны", чего не может достичь обычная реклама. Использование PR является приоритетным на рынках с высокой конкуренцией или для продвижения специфического продукта [3].

Совмещение прямой рекламы и PR является более эффективным подходом в информировании потребителей о новинках. Хорошо продуманная рекламная кампания всегда включает в себя ряд PR-мероприятий, так как одной только рекламы недостаточно, особенно в сфере авиаперелетов [4]. Поддержание рекламных проектов с помощью PR позволяет формировать предпочтения у потребителей на длительный срок. Реклама, в свою очередь, помогает реализовать важные коммуникативные задачи, которые стоят перед PR.

Таким образом, можно сделать вывод, что оценка эффективности пропорции между рекламными и PR-инструментами зависит от нескольких факторов и требует учета целей компании, бюджета, целевой аудитории и конкретной ситуации. Такая оценка не может быть однозначной, поскольку каждая компания имеет уникальные условия и цели. Таким образом, анализ всех этих факторов помогает определить эффективность выбранной стратегии рекламы и PR.

Список используемых источников:

1. Гавриков, А.В. Интернет-маркетинг. Настольная книга digital-маркетолога / Гавриков А. В., Давыдов В. В., Федоров М. В. — Москва: Издательство АСТ, 2020. — 352 с.
2. Гуцина, Е.Г., Чеботарева, С.С. Методика формирования стратегии продвижения бренда компании с использованием инструментария интернет-маркетинга //Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: экономика. — 2018. — №. 2. — С. 23–28

3. Колесникова, Е.В., Дегтярь, О.Н., Трищенко, Д.А. Интернет-мессенджеры как способ продвижения бренда в цифровой среде //Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. — 2021. — №. 1 (86). — С. 217–227.

4. Емельянов С.М. Теория и практика связей с общественностью / С.М. Емельянов. — М.: Юрайт, 2020. — 197 с.

«Landing page» как инструмент эффективного рекламного и PR-взаимодействия в деятельности авиакомпаний на международном рынке

Беляева О.В.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Кушвахва Х.Н.

МАИ, Москва

Актуальность темы обусловлена совокупностью изменений, происходящих в цифровом пространстве. В новых условиях происходит смещение ориентиров на развитие коммуникационной политики компании в социальных сетях. Как следствие, это приводит к потере конкурентных преимуществ, связанных с ведением сайта компании. Новые условия ставят перед специалистами по связям с общественностью и рекламе новые цели и задачи по эффективному продвижению компании через такой инструмент как «Landing page». Касается это и авиационных компаний, работающих на международном рынке авиаперевозок.

Одна из главных задач «Landing page» в международных коммуникациях авиакомпаний — это адаптация контента под различные языки и культуры, что позволяет дифференцировать контент для разных аудиторий в рамках одного пространства, в отличие от социальных сетей.

Цель — выявить специфику использования авиационными компаниями «Landing page» в рекламных и PR-кампаниях на международном рынке.

Объект исследования — рекламная и PR-деятельности авиакомпании S7 Airlines на международном рынке.

Предмет исследования — «Landing page» как инструмент рекламной и PR-деятельности авиакомпаний S7 Airlines.

Обзор. Теме использования «Landing page» в разных сферах посвящены работы Боталовой А. И., Кудриной И.В. и других.

Исследование. S7 Airlines является крупнейшей частной авиакомпанией России, членом международного альянса Oneworld, чей пассажиропоток составляет более 15,9 млн пассажиров за 2023 год. Клиенты авиакомпании летают в 100 городов в 18 странах мира. В своём отчёте за 2023 год, компания отметила, что в текущем периоде наблюдается активный рост на международных направлениях — число путешественников, вылетающих за границу, увеличилось на 97,5%.

Компания активно развивает свой потенциал по организации и осуществлению международных перевозок.

Мониторинг деятельности компании, показал, что основным каналом информационного освещения деятельности S7 Airlines являются социальные сети, в которых размещаются реклама, посты, PR-тексты. Социальные сети позволяют потребителям из любой точки мира получать информацию о компании или от нее с помощью системы навигации: тегов и хештегов, контекстного поиска. Присущий им неформальный стиль коммуникации и нацеленность на работу с развлекательным контентом привлекательны для ведения коммуникаций, поддерживающих имидж организации, но не подходят для взаимодействия с секторами B2G и B2B [1].

Для выхода на международный рынок авиакомпания S7 Airlines использует официальный канал коммуникации, через который выстраивает свою коммуникационную политику, проводит рекламные кампании. Таким каналом является интернет-страница авиакомпании и её разновидность «Landing-page», которая служит визитной карточкой компании и предоставляет информацию о ее продуктах, услугах, ценностях и преимуществах [2]. В глобальных коммуникациях «Landing page» выступает виртуальным представителем компании, доступным для посетителей со всего мира. В настоящее время сайт компании

адаптирован на 6 языков: английский, русский, китайский, немецкий, испанский и итальянский.

В 2021 году компания успешно реализовала свою стратегию по увеличению оборота от SEO в два раза за счёт роста небрендового трафика. Благодаря грамотному и внимательному подходу к написанию информационных материалов и их расположению на «Landing page», а также интеграции перекрестных ссылок — доход от продаж вырос более, чем в два раза по сравнению с 2019 годом. Однако, международные коммуникации компании за счет ведения сайта имеют ряд недостатков.

По результатам исследования, проведенного в рамках анализа сайта компании S7 Airlines, больше половины опрошенных респондентов отметило, что страница компании на иностранных языках выглядит менее информативно и привлекательно, чем страница на русском языке. Почти все респонденты согласились с тем, что для них важную роль играет наличие актуальных информационных материалов на их родном языке. Общим минусом респонденты выделили низкую языковую адаптивность сайтов.

Таким образом, цифровизация коммуникаций привела к изменениям в рекламе и связях с общественностью. Социальные сети стали распространенной платформой для реализации рекламных и PR-инструментов, однако они подходят не для всех видов коммуникации, например, таких как выстраивание отношений на уровне B2G и B2B.

Анализ рекламной и PR-деятельности S7 Airlines на международном рынке показал, что основными рекламными PR-инструментами, которыми пользуются специалисты по рекламе и связям с общественностью являются страницы в социальных сетях, официальный сайт и его разновидность «Landing-page».

Рекомендации:

1. S7 Airlines необходимо развивать «Landing page», как важный официальный канал связи для обслуживания международных аудиторий, на котором можно представлять свои продукты, услуги, ценности и преимущества.

2. Авиакомпания должна адаптировать контент на разные языки и культуры, так как это крайне важно для эффективного взаимодействия с международными клиентами и формирования их доверия.

Список используемых источников:

1. Кудрина И. В. Современные инструменты PR-продвижения организаций / И. В. Кудрина // Молодой ученый. — 2020. — № 21 (311). — С. 216–218.

2. Боталова, А. И. Применение лендинговых страниц в онлайн-образовании (на примере языковых сервисов) / А. И. Боталова // Практический маркетинг. — 2020. — № 8(282). — С. 25–34.

Формирование собственного информационного потока пресс-центром аэропорта «Шереметьево»

Беляева С.В.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Тараненко А.В.
МАИ, Москва

Информационный поток представляет собой сложную динамическую систему, состоящую из множества относительно самостоятельных подсистем [1, с. 50]. Каждой современной организации важно наладить постоянный информационный поток, чтобы о ней не забывали [2, с. 78]. Касается это и организаций, деятельность которых связана с авиационной сферой.

Аэропорт «Шереметьево» является одним из крупнейших аэропортов в России и постоянно растущим пассажиропотоком. Пассажиры нуждаются в актуальной информации о рейсах, задержках, изменениях расписания и других событиях [4, с. 125]. Пресс-центр аэропорта должен обеспечить надежный и оперативный информационный поток для поддержания связи не только с клиентами «Шереметьево», но и с представителями СМИ, государственных структур и партнеров [3, с. 55].

Цель работы — проанализировать информационный поток, который организует пресс-центр аэропорта «Шереметьево».

Обзор. Исследованием формирования информационного потока занимались Ветрова Н.М., Гайсарова А.А., Гудков В.А., Певзнер М.С., Чередниченко В.И.

Автором был проведен мониторинг информационного потока аэропорта с сентября по декабрь 2023 года. Оказалось, что пресс-центр аэропорта «Шереметьево» постоянно размещает информацию о себе на следующих площадках:

1. Официальный сайт аэропорта [5]. Информация выходит в виде текстов и фотоматериалов. Для того, чтобы понять, как часто сотрудники пресс-центра публикуют новую информацию, автором был проведен мониторинг PR-текстов, размещённых в разделе «Пресс-центр» с сентября по декабрь 2023 года.

Мониторинг показал, что за 4 месяца пресс-центром аэропорта было опубликовано 20 PR-текстов: сентябрь (5 пресс-релизов), октябрь (2 пресс-релиза), ноябрь (8 пресс-релизов), декабрь (5 пресс-релизов).

Информационные поводы можно разделить на следующие группы:

1) Деятельность аэропорта «Шереметьево» (8): пассажиропоток (5) и изменения в работе (3);
2) Праздники (4): Международный день гражданской авиации (1), Новый год (2), 9 Мая (1);
3) Авиакомпании, выполняющие рейсы из «Шереметьево» (3); авиакомпания «Аэрофлот»(1), авиакомпания «Россия», авиакомпания «Air Cairo»(1).

2. Страницы в социальных сетях «ВКонтакте», «Telegram», «Одноклассники». В социальных сетях в «ВКонтакте» и «Telegram» посты публикуются намного чаще, чем в «Одноклассниках». Последний пост в «Одноклассниках» был опубликован 9 сентября 2023 года.

Посты на странице Шереметьево в «ВКонтакте» размещаются регулярно, обычно несколько раз в неделю. Они содержат полезную и актуальную информацию для пассажиров, а именно: правила и инструкции по прохождению регистрации и паспортного контроля, информация о расписании рейсов и т.д. Посты сопровождаются фотографиями и видео, что делает их более привлекательными для просмотра. Также админы странички постоянно проводят опросы, конкурсы и розыгрыши среди подписчиков, размещают промокоды скидок на билеты.

Информация в «Telegram» обновляется почти каждый день. Часто проводятся прямые эфиры. Посты также содержат актуальную информацию для пассажиров.

Следует отметить, что информация в социальных сетях во многом перекликается с информацией, опубликованной на официальном сайте аэропорта, отличается она только формой подачи материала.

Таким образом, можно сделать вывод, что пресс-центр аэропорта «Шереметьево» постоянно поддерживает информационный поток, публикуя материалы на официальном сайте и на своих страницах в социальных сетях.

Рекомендации:

1. Необходимо увеличить информационный поток за счет расширения жанров PR-текстов.
2. Сотрудникам пресс-центра следует больше внимания уделять странице аэропорта в социальной сети «Одноклассники».

Список используемых источников:

1. Гайсарова А.А., Ветрова Н.М. Особенности процесса управления информационными потоками на предприятии в современных условиях//Экономика строительства и природопользования. — 2017. — № 1(70) — С. 49–54. // Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-protssessa-upravleniya-informatsionnymi-potokami-na-predpriyatii-v-sovremennyh-usloviyah>. Дата обращения: 15.02.24

2. Гудков В. А., Певзнер М. С. Современный менеджмент информационных потоков. — М.: ИНФРА-М, 2018.

3. Лобачева Л. г. Управление информационными потоками в организации. — М.: Юрайт, 2016.

4. Чередниченко В.И. Массовый информационные потоки в свете синергетического подхода // Вестник РУДН. Серия: Литературоведение. Журналистика. — 2017. Т.22. — № 1. — С.123–129. // Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/massovye-informatsionnye-potoki-v-svete-sinergeticheskogo-podhoda>. Дата обращения: 18.02.24.

5. Официальный сайт аэропорта «Шереметьево» (https://www.svo.aero/ru/press_center/press_releases)

PR-продвижение социальных проектов российских авиакомпаний

Вильданова С.А.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Тараненко А.В.

МАИ, Москва

Актуальность. Современные реалии и общественные ожидания накладывают на современные авиационные компании ответственность за участие в решении социальных проблем. Социальные проекты становятся важным инструментом для российских авиакомпаний не только в контексте социальной ответственности, но и для укрепления имиджа и привлечения внимания общественности.

Реализация социальных инициатив требует эффективных действий со стороны PR-отделов авиакомпаний для продвижения социальных проектов среди своих потенциальных клиентов.

Цель исследования заключается в анализе и оценке эффективности PR-продвижения социальных проектов, реализуемых российскими авиакомпаниями: «Аэрофлот — российские авиалинии», S7 Airlines, «Россия».

Обзор. Изучением продвижения социальных проектов занимались исследователи Воронцова М.В., Семенова Д.М., Зельманов А.Б.[1], Киреева У.А. [2]. Однако ни одна из опубликованных работ не анализирует PR-продвижение социальных проектов российских авиакомпаний, в этом и заключается новизна данного исследования.

Исследование. Автором было проведено исследование, посвященное реализации и продвижению социальных проектов трех российских авиакомпаний за 2020–2023 годы.

Активное участие в развитии социальных проектов и решении общественно значимых проблем принимает авиакомпания «Аэрофлот — российские авиалинии». Компания разработала специальный проект «Устойчивое развитие», в рамках которого ежегодно на своем официальном сайте выпускала отчет в области устойчивого развития (ESG) [3]. За 2022–2023 годы Аэрофлот разработал 3 социальных проекта: «Россия» — «Люблю российское», Гастрономический фестиваль «На высоте» и «Мир Сибири». Также компания неоднократно принимала участие в мероприятиях и конференциях.

Авиакомпания «S7 Airlines» также принимает участие во многих социальных проектах, сообщая об этом публикуя пресс-релизы и информационные сообщения на официальном сайте и на страницах в социальных сетях. С 2020 года S7 Airlines ввели систему экологического менеджмента при производстве полетов.

На сайте S7 Airlines опубликован список благотворительных фондов, которым могут сделать пожертвования миллионы клиенты авиакомпании. С 23 декабря 2022 года по 16 января 2023 года авиакомпания проводила благотворительный новогодний проект «Свяжите с нами мечты», который должен был помочь реабилитационным приютам «Ночлежка» [5].

Немаловажный вклад в развитие социальных проектов внесла авиакомпания «Россия», которая подготовила к 75-й годовщине Победы в Великой Отечественной войне фильм «Авиаторы победы», посвященный подвигу гражданских авиаторов, вставших в ряды ВВС. Фильм можно посмотреть на официальном сайт авиакомпании. Он вызвал больше обсуждения в социальных сетях.

В ходе исследования был проведен социологический опрос потенциальных клиентов авиакомпаний с целью выяснения их осведомленности об участии авиакомпаний в социальных проектах. Всего в опросе приняли участие 47 человек (68% — женщин, 32% — мужчин), возраст которых ранжировался от 19 до 54 лет.

Результаты опроса показали, что большая часть опрошенных (68,4%) не осведомлены о социальной деятельности авиакомпаний [4]. 44,7% хотели бы принять участие в таких проектах. 78,9% опрошенных считают такие проекты эффективными для продвижения компаний. 45% отметили, что наиболее эффективной платформой для размещения информации о социальных проектах являются социальные сети, 33% — каналы СМИ, 22% — корпоративный сайт авиакомпании.

Выводы:

1. Разработка и продвижение социальных проектов стало неотъемлемой частью PR-деятельности современных российских авиационных компаний, что способствует не только эффективному решению социальных проблем, но и повышению лояльности потенциальных клиентов, укреплению имиджа компаний.
2. Российские авиакомпании Аэрофлот, S7 Airlines, «Россия» активно продвигают не только собственные социальные проекты, но и проекты других организаций, рассчитанные на разные целевые аудитории.
3. Авиакомпании отдают предпочтения социальным проектам, связанным с благотворительностью, экологией, патриотизмом.
4. Эффективными каналами продвижения социальных проектов, как показали результаты опроса, являются официальный сайт, каналы СМИ и социальные сети.

Рекомендации:

1. Авиакомпаниям следует чаще рассказывать своим потенциальным клиентам о социальных проектах, в которых они принимают участие.
2. Им стоит популяризировать различные социальные проекты, чтобы развивать у аудитории желание участвовать в них.
3. PR-специалистам авиакомпаний рекомендуется тщательно прорабатывать стратегию освещения своей социальной деятельности.

Список используемых источников:

1. Зельманов А.Б. Связи с общественностью в социальной сфере: Учеб. Пособие. — М.: Издательство Михайлова В.А., 2008. С.68–72
2. Киреева У.А. Особенности разработки и реализации социальных PR-проектов// Коммуникология: электронный научный журнал. — Т.7. — № 2. — 2022. — С.53–64. <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-razrabotki-i-realizatsii-sotsialnyh-pr-proektov>
3. Отчет о деятельности в области устойчивого развития компании «Аэрофлот — российские авиалинии»// 28.12.2021. [режим доступа: https://ir.aeroflot.ru/fileadmin/user_upload/files/rus/reports/socreport/AEROFLOT_CSR_22_RUS-upd.pdf]
4. Семенова Д.М., Рачкова М.В. Оценка эффективности социокультурных проектов// Наука Красноярья. — № 4 (37). — 206. — С.207–212. <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-sotsiokulturnyh-proektov>
5. S7 Group представил стратегию устойчивого развития// 15.06.2022. [режим доступа: <https://www.s7.ru/ru/news/s7-group-predstavil-strategiyu-ustoychivogo-razvitiya/>]

Особенности интерактивной рекламы авиационной компании

Воловова Е.М.

Научный руководитель — Маркина А.Д.

МАИ, Москва

Актуальность. Современная авиационная индустрия характеризуется интенсивной конкуренцией между авиакомпаниями. Интерактивная реклама может стать ключевым инструментом для увеличения конкурентоспособности и привлечения клиентов. В сфере авиационных услуг важно создать позитивный и запоминающийся пользовательский опыт [1]. Интерактивная реклама может помочь улучшить взаимодействие с клиентами и повысить их лояльность к бренду. Это становится ключевыми факторами для внедрения такого типа рекламных технологий в том числе и на российском рынке, который требует новых подходов к продвижению.

Целью исследования является выявление особенностей интерактивной рекламы в деятельности авиационной компании.

Исследование. Интерактивная реклама — это форма рекламы, которая предоставляет потребителям возможность взаимодействия с рекламным контентом. Она отличается от традиционной рекламы тем, что позволяет зрителям активно взаимодействовать с рекламой различными способами. Также она отличается от традиционной тем, что ставит перед собой иную цель — не продажу товара или услуги, а поддержание связи с потребителем на разных стадиях развития продукта [2].

Авиационные перевозки — один из самых развивающихся секторов экономики. Важно понимать, что конкуренция на рынке высокая, поэтому авиакомпании могут использовать различные виды интерактивной рекламы для привлечения внимания потенциальных клиентов и улучшения своего бренда.

Авиакомпании могут создавать интерактивные игры и развлекательные приложения, которые помогут занять время пассажиров во время полета или ожидания в аэропорту. Это может быть что-то от простых логических игр до более сложных симуляторов полетов. Так, в 2023 году авиакомпания S7 Airlines создала интерактивную игру-раскраску, которая поможет расслабиться пассажиров и познакомит их с промо-кампанией «Выдыхай». Игрофикация рекламного взаимодействия дало возможность большего контакта с потребителями.

Также авиаперевозчики могут предложить виртуальные туры по своим самолетам, аэропортам или даже популярным туристическим направлениям. «Turkish Airlines» в 2020 году использовали технологию съемки в 360 градусов на известных видеохостингах для промо-видео своих рейсов через Стамбул.

Вывод. С развитием рынка и вовлечении пассажиров в digital-среду авиакомпании пытаются придумать новый способ донесения информации о себе потенциальным клиентам, не останавливаясь только на традиционных видах рекламы. Интерактивная реклама способна обеспечить уникальный и запоминающийся опыт через взаимодействие с потребителем. Внедрение интерактивных форм рекламы позволяет работать не только с новыми клиентами, но и задерживать внимание текущих потребителей. Более того, такие технологии отстраивают авиакомпании от своих конкурентов на рынке, так как такого рода рекламные продукты более затратны и могут лучше вовлекать клиентов.

Список используемых источников:

1. Ковалев М. Ю., Олиферова О. С. Интерактивная реклама: Российский сегмент // Science Time. 2015. №4 (16). 361–365 с.
2. Вильданова Г. А. Теоретико-игровой подход к исследованию коммуникации // Вестник ПНИПУ. Проблемы языкознания и педагогики. 2017. №3. // Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/teoretiko-igrovoy-podhod-k-issledovaniyu-kommunikatsii>. Дата обращения: 12.02.24

Использование рекламных и PR-коммуникаций в формировании бренда авиакомпании «Аэрофлот» на международном рынке

Грибов Г.В.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Тараненко А.В.

МАИ, Москва

Актуальность. Авиаперевозчики на международном рынке сталкиваются с острой конкуренцией и необходимостью выделяться на фоне других компаний. Использование рекламных и PR-коммуникаций в сети Интернет позволяет компаниям, осуществляющим свою деятельность на мировом рынке, поддерживать свой бренд и повышать лояльность среди зарубежных клиентов. Касается это и российских авиационных перевозчиков, в число которых входит авиакомпания «Аэрофлот».

Авиакомпания «Аэрофлот», благодаря своему высокому уровню сервиса, стала одним из лидеров авиационной отрасли не только в России, но и за рубежом. Сегодня деятельность

«Аэрофлота» больше направлена на российскую аудиторию. Исследование использования рекламных и PR-коммуникаций в формировании международного бренда авиакомпании может быть полезно как для самого «Аэрофлота», так и для других российских авиакомпаний.

Цель работы — проанализировать значение рекламных и PR-коммуникаций в формировании авиационного бренда «Аэрофлот» на международном рынке авиаперевозчиков.

Обзор. Исследованием рекламной и PR-коммуникации авиакомпании «Аэрофлот» занимались Асатрян Н.Л. [1], Катышева Д.Д., Колокина А.В. [2], Куличкова П.А. [3], Першина Л.А. [4].

Новизна. Автором впервые была предпринята попытка исследовать использование рекламных и PR-коммуникаций авиакомпанией «Аэрофлот» в сети Интернет для формирования ее бренда, указать на недостатки.

Исследование. Были проанализированы рекламные и PR-коммуникации авиакомпании «Аэрофлот» в сети Интернет за 2020–2023 гг.

Исследование показало, что бренд «Аэрофлот» формируется, в первую очередь, посредством использования таких инструментов рекламных и PR-коммуникаций, как контекстная, баннерная и таргетированная рекламы; регулярное обновление информационного наполнения веб-сайта авиакомпании; рекламные видеоконтент и посты в социальных сетях; информационные рассылки в мессенджерах и т.д. Однако в видеоконтенте и текстовых сообщениях компания не использует иностранные языки и, тем более, не учитывает культурные различия потенциальных клиентов.

Авиакомпания «Аэрофлот» обеспечила перевод своего сайта на многие языки. На веб-сайте пользователи могут также почитать корпоративный журнал «Аэрофлот» на русском и английском языках. Однако при разработке новых информационных и развлекательных видеороликов, публикаций в социальных сетях «Аэрофлот» не адаптирует контент под иностранную аудиторию, что не позволяет потенциальным потребителям бренда полноценно погрузиться в корпоративную культуру компании.

Бренд «Аэрофлот» во многом известен своей программой лояльности «Аэрофлот Бонус» и «милиями», которые клиенты могут копить и тратить на путешествия и иные услуги компании. В социальных сетях авиакомпания устраивает конкурсы, за победу в которых дает бонусные мили. В период пандемии Коронавируса компания «Аэрофлот» реализовала первую в мире социальную программу «Мили за вакцинацию» с фондом в 100 миллионов миль. Такие конкурсы и социальные программы потенциально могут привлечь множество людей из разных стран, однако авиакомпания при разработке подобных мероприятий ориентируется на пользователей из России.

Выводы:

1. Авиакомпания «Аэрофлот» использует рекламные и PR-коммуникации в формировании своего бренда на международном рынке авиаперевозчиков.

2. Языковая поддержка и культурное понимание являются одними из первостепенных аспектов при использовании рекламных и PR-коммуникаций как способа продвижения своего бренда на международном рынке.

3. Сегодня рекламные и PR-коммуникации в сети Интернет вышли на новый уровень. Одного веб-сайта уже недостаточно для позиционирования себя как международного бренда.

4. «Аэрофлот» в формировании своего бренда не всегда эффективно использует потенциал новых коммуникационных платформ. Контент не всегда адаптируется под аудиторию социальных сетей (в том числе, аудиторию из-за рубежа), поэтому у «Аэрофлота» достаточно низкий индекс вовлеченности в социальных сетях.

Рекомендации:

1. Коммуникационная стратегия бренда «Аэрофлот» нуждается в расширении используемых рекламных и PR-инструментов. Например, компания может начать проводить на регулярной основе не только конкурсы, но и викторины, тесты и челленджи.

2. Авиакомпания «Аэрофлот» необходимо адаптировать коммуникационную стратегию бренда под разные культурные контексты. Например, начать выпускать рекламные,

информационные и развлекательные ролики на английском языке, чтобы бренд больше упоминался на зарубежных социальных платформах. Также компания может создать отдельные публичные страницы бренда в социальных сетях для иностранных граждан и вести их на одном или нескольких иностранных языках (английский, испанский, китайский и т.д.).

Список используемых источников:

1. Асатрян Н.Л. Совершенствование бизнес-коммуникаций компании «Аэрофлот» в социальных сетях // Экономика и бизнес: теория и практика. — 2023. №4-1 (98). — С. 24–27.
2. Катышева Д.Д., Колокина А.В. Специфика применения принципиально новых коммуникационных технологий авиакомпанией «Аэрофлот — российские авиалинии» // XLVI Международная молодёжная научная конференция «Гагаринские чтения»: сборник докладов. — Москва. — 2020. — С. 1610–1611.
3. Куличкова П.А. Внешние коммуникации госкомпаний в период кризисных ситуаций (на примере ПАО «Аэрофлот»)/ Коммуникология. — 2023. — Том 8. №2. — С. 55–70.
4. Першина Л.А. Интернет-реклама как инструмент продвижения авиационной компании «Аэрофлот — российские авиалинии»/ XLVIII Международная молодёжная научная конференция «Гагаринские чтения»: сборник докладов. — Москва. — 2022. — С. 763–764.
5. Официальный сайт авиакомпании «Аэрофлот». Режим доступа: www.aeroflot.ru (дата обращения: 10.12.2023).

Особенности антикризисных PR-технологий в деятельности авиакомпаний Российской Федерации

Дешевых В.Д., Рындина С.А.

Научный руководитель — Маркина А.Д.

МАИ, Москва

Актуальность. Авиационная отрасль является одной из наиболее важных отраслей экономики и инфраструктуры России. Авиакомпании являются ключевыми игроками в этой отрасли и оказывают влияние на развитие гражданской авиации и туризма. В связи с этим, способность авиакомпаний эффективно управлять кризисными ситуациями и поддерживать положительное общественное мнение играет решающую роль в их долгосрочной устойчивости и успехе, особенно в условиях нестабильности [2]. Так, авиационная отрасль подвержена различным видам кризисов, таким как технические сбои, аварии, террористические угрозы, эпидемии, поэтому каждый кризис требует своих особенных PR-стратегий и тактик, чтобы минимизировать негативное влияние на репутацию и сохранить доверие общественности. В современном информационном обществе роль средств массовой коммуникации растёт, и их влияние оказывает существенное воздействие на восприятие общественности о кризисных ситуациях [1]. Следовательно, авиакомпаниям важно грамотно использовать свои PR-технологии для контроля и формирования публичного мнения в информационном поле. Исследование особенностей антикризисных PR-технологий в деятельности авиакомпаний Российской Федерации позволит выявить оптимальные стратегии и приемы для эффективного управления кризисами в этой отрасли. Результаты исследования могут быть полезными как для авиакомпаний, стремящихся улучшить свои практики PR в условиях кризиса, так и для отраслевых организаций, которые занимаются разработкой рекомендаций и стандартов для авиационной индустрии.

Целью исследования является выявление характерных черт и методов PR-технологий в рамках деятельности аэропортов в Российской Федерации в кризисных ситуациях.

Исследование. Антикризисный PR — это действия или мероприятия, направленные на выявление рисков возникновения кризисных ситуаций и их устранение, также минимизацию последствий кризиса, с целью предотвратить негативное влияние на организацию, руководителя и персонал [3].

Кризисы в авиационной отрасли могут быть вызваны различными факторами, включая экономические кризисы, террористические акты, пандемии, технические сбои, и изменения в законодательстве и регулировании.

В практике российских авиакомпаний используются следующие методы антикризисного PR: взаимодействие со СМИ, коммуникация в сети Интернет, брифинги и пресс-конференции, горячая линия компании.

Анализ деятельности пресс-службы авиакомпании «Аэрофлот» в социальных сетях и онлайн-изданиях показывает, что подразделение работает быстро и сообщает необходимую информацию общественности своевременно, информирует о важных событиях или происшествиях внутри компании. Рассматривая пример деятельности авиакомпании «Победа», можно отметить низкую эффективность действий пресс-службы: быстрой реакции на события нет, новостные статьи выходят редко, а на катастрофы подразделение реагирует не своевременно, с большой отсрочкой по времени.

Таким образом, антикризисные PR-технологии очень важны в деятельности любой авиакомпании. При соблюдении всех рекомендаций, компания может повысить лояльность аудитории, что при следующем кризисе окажет положительное влияние на его течение, разработать безошибочную коммуникационную стратегию, которая поможет быстрее урегулировать негативный фон, а также увеличить долю на рынке путем воздействия на аудиторию B2B.

Список используемых источников:

1. Ворошилов В.В. Современная пресс-служба. М., 2015. 224 с.
2. Глазунова В.А. Пресс-служба города: значимость и особенности функционирования // Актуальные вопросы права, экономики и управления. М., 2017. С. 329–331.
3. Коротков Э. М. Антикризисное управление [Текст]: учебник для бакалавров. М., 2014 г. 406 с.

Видеостриминговые платформы как средство продвижения образовательных услуг

Иванова П.А.

Научный руководитель — Гуляев В.В.
МАИ, Москва

Одной из важнейших задач современной вузовской педагогики является разработка эффективных форм и способов вовлечения абитуриентов, студентов, магистрантов, аспирантов в непрерывный образовательный процесс. Так как образовательные стандарты Вузовской подготовки носят классический характер с доминированием теоретической базы знаний, появляется острая необходимость в формировании различных типов коммуникации со своей аудиторией. Наиболее эффективным ответом на поставленные вызовы служат современные коммуникации в частности видеостриминговые платформы и сеть Интернет в целом.

Целью исследования является проведение анализа и оценки основных подходов, методов использования видеостриминговых платформ в рамках предоставления и продвижения образовательных услуг в МАИ.

Современная образовательная цифровая среда, как активная составляющая информационного пространства, предоставляет широкий спектр услуг для потребителей. В условиях активной и разнообразной интернет-аудитории она ставит своей целью продвижение услуг в онлайн-пространстве, именно оно является наиболее эффективным и коротким маршрутом до целевой аудитории. Как и любая другая организация, вуз сталкивается с задачей формирования спроса на свои услуги и эффективного взаимодействия с пользователями. Под продвижением в интернет-среде понимается процесс установления позиций организации в сетевом пространстве, включающий предоставление информации о ее деятельности, направлениях, услугах и ресурсах для получения запланированного отклика [1]. Этот способ продвижения используют не только образовательные онлайн-сервисы, но и классические образовательные организации, такие как «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)». В последнее время одной из ведущих тенденций в интернет-пространстве является растущий интерес к видеоконтенту,

представленному как на отдельных веб-сайтах, так и в социальных сетях, блогах и специализированных ресурсах. Видео контент, как способ продвижения, является самым простым к восприятию — этим и обусловлена его популярность [4]. За последние годы количество пользователей, регулярно потребляющих видеоролики в сети, увеличилось на 66% [3]. Значительное влияние на этот рост оказали увеличение скорости доступа в Интернет и снижение стоимости выделенных линий доступа. Именно поэтому видео стало столь популярным форматом в онлайн-пространстве. Как результат, мы видим, что видео не только развлекательное, но также отличное образовательное средство для организаций, чьи цели связаны с предоставлением как государственных стандартизованных образовательных услуг, на примере тех, что предоставляют университеты, в частности, «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», так и услуг частных образовательных организаций [4].

Проведенное нами исследование свидетельствует о необходимости и эффективности использования как небольших видеостриминговых систем, так и глобальных международных видеопорталов. Объединения усилий академического и профессионального сообществ в целях продвижения образовательных услуг создает не только увеличение уровня потребления образовательных услуг, но и создает новые качества и компетенции в рамках воздействия на аудиторию через видеостриминговые платформы. Таки образом, более тесная интеграция в существующие и перспективные платформы позволит поддерживать высшее образование на передовом уровне.

Список используемых источников:

1. Шарков. Ф. И. Интегрированные коммуникации: реклама, паблик рилейшнз, брендинг: Учебное пособие. М., 2011. 324 с.
2. Ромат Е. В., Сендеров Д. В. Маркетинговые коммуникации: Учебник для вузов. Стандарт третьего поколения. СПб., 2018. 458 с.
3. Чурикова Н.В. Сравнение технологий WEB 2.0 И WEB 3.0 // Научные механизмы решения проблем инновационного развития. 2017. с. 86.
4. Хайятт Майкл. Платформа. Как стать заметным в Интернете. Пошаговое руководство для всех, кому есть что сказать или что продать. Мск., 2013. 304 с

Особенности работы пресс-службы в современных условиях (на примере авиакомпании «Россия»)

Иванцова Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Кушвахва Х.Н.

МАИ, Москва

Актуальность данной темы обусловлена необходимостью изучения и понимания работы пресс-служб в современных условиях. В современном мире роль пресс-служб становится все более важной, так как они являются главным источником информации для общественности. Помимо этого, работа пресс-службы авиакомпании «Россия» отличается некоторыми особенностями, связанными с организацией пресс-мероприятий, управлением информацией и решением кризисных ситуаций, что требует детального анализа и изучения.

Цель работы — изучить особенности, основные методы и инструменты работы пресс-службы авиакомпании «Россия» и проанализировать ее деятельность за период: сентябрь 2023 — январь 2024 года.

Обзор. Исследованием особенностей работы пресс-служб в современных условиях занимались Л.В. Пелленен [1], А.А. Меньшиков [2], Аксенова О.Н. [3], М.Г. Белоусов [4]. Однако ни одна из опубликованных работ не исследует особенности работы пресс-служб авиакомпаний.

Новизна. Автором впервые была предпринята попытка исследовать особенности работы пресс-службы авиакомпании «Россия» и определить стилистику и направленность публикаций авиакомпаний в СМИ.

Исследование. Автором была изучена сущность понятия «пресс-служба» в целом. В учебном пособии А.А. Меньшикова «Пресс-служба — это автономное подразделение субъекта PR, обеспечивающее реализацию его информационной политики со средствами массовой информации.»

В учебном пособии О.Н. Аксеновой были сформулированы основные функции пресс-службы: «Выстраивание эффективных отношений со СМИ, подготовка публичных выступлений и публикаций первого лица организации или его заместителей в печатных СМИ, формирование корпоративной культуры, участие в выставочной деятельности и налаживание обратной связи с целевыми аудиториями и аналитиками.»

Исходя из учебного пособия М.Г. Белоусова можно выделить три основных направления деятельности пресс-служб авиакомпаний: аналитическое, организационное и креативное.

К креативному направлению деятельности пресс-службы авиакомпаний относят: подготовка текстов заявлений руководства компании, оперативных сообщений пресс-службы и пресс-релизов, написание статей для размещения в СМИ и видеоматериалов, работа с официальными сайтами авиакомпаний.

Поэтому был проанализирован официальный сайт авиакомпании «Россия», а именно рубрика «Новости» в разделе «О компании» в период с сентября 2023 года — январь 2024 года.

Было установлено, что в данный период времени авиакомпанией были опубликованы 92 PR-текстов: 1 поздравление и 91 пресс-релиз. Анализ информационных поводов PR-текстов показал, что условно они разделяются на следующие тематические группы: информация об открытии новых направлений и расписании полетов (57), события в авиакомпании «Россия» (32) и важная информация для пассажиров (3). Все публикации сопровождаются фотографиями или справочной информацией.

Также у авиакомпании «Россия» есть свой официальный телеграмм-канал и страница в социальной сети «ВКонтакте», где размещаются рассмотренные ранее PR-тексты, так и различные информативные и развлекательные публикации. Например, на официальной странице «ВКонтакте» популярна рубрика «#5фактов_Rossiya». В ней пресс-служба авиакомпании рассказывает 5 интересных фактов о каком-нибудь городе России и напоминает о частоте рейсов в этот город. Такой вид информирования положительно влияет на взаимодействие с аудиторией.

Что касается публикаций в сторонних СМИ, то пресс-релизы о компании встречаются достаточно редко. Зачастую это информация об появлении новых рейсов и аварийных посадках самолетов, принадлежащие авиакомпании. Так 8 декабря 2023 года в сторонних СМИ обсуждалась аварийная посадка рейса Мин-Воды — Санкт-Петербург.

Выводы:

1. Основными жанрами, которые традиционно использует пресс-служба аэропорта, являются пресс-релизы.
2. Главными информационными поводами для публикаций является работа авиакомпании и открытие новых направлений для полета.
3. Авиакомпания «Россия» редко обсуждается в сторонних СМИ. Данная тенденция не сможет привлечь новых клиентов.
4. Ограниченность периодичности, жанров и тематики информационных поводов PR-текстов минимизирует возможности влияния на потенциальных клиентов.

Рекомендации:

1. Пресс-службе авиакомпании «Россия» необходимо увеличить взаимодействие со СМИ, разнообразить жанр публикаций и расширить тематику информационных поводов.
2. Необходимо дальнейшее и более глубокое изучение работы пресс-службы авиакомпании «Россия» для оптимизации ее работы.

Список используемых источников:

1. Аксенова О.Н. Современная пресс-служба : учебное пособие / О.Н. Аксенова ; под редакцией Н.Н. Скрипникова. — Воронеж : Изд-во Воронежский ГАСУ, 2015. — 57 с.

2. Белоусов М.Г. Современная пресс-служба : учебное пособие для студентов / М.Г. Белоусов. — Москва : Изд-во МГТУ ГА, 2009. — 110 с.

3. Меньшиков А.А. Пресс-служба : учебное пособие / А.А. Меньшиков. — Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2013. — 123 с.

Спонсорство как инструмент PR-деятельности в кризисных ситуациях

Касюкова Э.Р.

Научный руководитель — Маркина А.Д.

МАИ, Москва

Актуальность. Одной из важных задач современной PR-деятельности является разработка и грамотное использование различных PR-инструментов для обеспечения надежности и стабильности компании даже в кризисных ситуациях. Спонсорство позволяет компаниям эффективно управлять своей репутацией, получать возможности по улучшению имиджа и демонстрировать свою готовность к преодолению трудностей в глазах общественности.

Целью исследования является проведение анализа и оценки основных подходов, методов и средств, чтобы показать действенность и направленность спонсорства на защиту репутации, укрепление связи с общественностью, создание позитивного имиджа, привлечение новой аудитории и укрепление партнерских отношений.

Исследование. Кризисные ситуации могут оказаться испытанием для репутации и бренда организации. В таких ситуациях спонсорство может стать эффективным инструментом PR, позволяющим улучшить репутацию и восстановить доверие [1].

Кризисные ситуации могут негативно повлиять на отношения с клиентами, партнерами, сотрудниками и общественностью. Спонсорство позволяет улучшить и восстановить эти взаимоотношения. Например, компания может поддерживать проекты, которые имеют прямую положительную пользу для сообщества, в котором она функционирует [2].

Укрепление имиджа и формирование долгосрочных связей. Кризисные ситуации могут быть временными, но их последствия остаются долгое время в памяти людей. Спонсорство позволяет организации укрепить свой имидж и сформировать долгосрочные связи с заинтересованными сторонами. Например, спонсорство проектов в области экологии позволит организации связать свою репутацию с этой важной темой и привлечь внимание к своей деятельности.

Кризисы могут сильно подорвать доверие к организации и ее бренду. Спонсорство позволяет укрепить доверие и доказать, что организация не только заинтересована в своих коммерческих целях, но и в благополучии общества в целом. Это особенно важно в кризисных ситуациях, когда потеря доверия может нанести серьезный ущерб деятельности организации.

Роль спонсорства в кризисных ситуациях весьма высока. Спонсорство позволяет организации активно участвовать в решении проблем, связанных с кризисом. Например, путем финансирования проектов по снижению последствий катастрофы или предоставления помощи пострадавшим. Это помогает показать компанию в положительном свете и продемонстрировать ее социальную ответственность [1]. Во время кризиса, вызванного пандемией COVID-19, авиационная индустрия столкнулась с серьезными вызовами, включая приостановку международных перелетов и сокращение спроса на авиабилеты. В ответ на эту ситуацию, авиакомпания «Аэрофлот» выступил спонсором и партнером медицинского персонала и врачей, борющихся с пандемией COVID-19. В рамках этой инициативы авиакомпания предоставила бесплатные билеты на внутренние рейсы для медицинских работников, например, для врачей и медсестер, которые выезжали в регионы с высоким уровнем заболеваемости для оказания помощи.

Кроме того, «Аэрофлот» организовал специальные рейсы для доставки медицинского оборудования и лекарств из-за рубежа в Россию, а также для транспортировки граждан, оказавшихся в затруднительном положении из-за закрытия границ и отмены рейсов.

Эти меры спонсорства и помощи помогли не только поддержать медицинский персонал, борющийся с пандемией, но и продемонстрировали социальную ответственность и важность авиакомпаний в сложные времена.

Таким образом, спонсорство в кризисных ситуациях может стать не только средством решения конкретных проблем, но и эффективным инструментом PR-деятельности, способствующим улучшению репутации и установлению позитивных отношений с обществом. Спонсорство мероприятий и проектов, направленных на поддержку сообщества, позволяет компании демонстрировать свою социальную ответственность и вовлеченность в решение социальных проблем. В кризисных ситуациях это помогает укрепить доверие к бренду, репутации и имиджу и показать, что компания не остается равнодушной к общественным вызовам.

Список используемых источников:

1. Мамонова И.А. Спонсорство во время кризиса // Экономика и бизнес: теория и практика. 2016. № 5. // Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sponsorstvo-vo-vremya-krizisa/viewer>

2. Козлова Н.П. Эффективность спонсорства в социальном маркетинге // Научные труды Вольного экономического общества России. 2012. С. 434–438. // Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-sponsorstva-v-sotsialnom-marketinge>

PR-деятельность SR Space на международном рынке

Коняев М.О.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Бубнов В.В.

МАИ, Москва

Актуальность темы работы заключается в том, что эффективно выстраиваемые коммуникации на международном уровне позволяют частной аэрокосмической компании не только сохранить конкурентоспособность, но и повысить инвестиционную привлекательность России на данном рынке. Высокотехнологичные отрасли в современном мире предполагают взаимодействия на различных уровнях, не только на уровне B2B, но и на B2C рынках.

Цель исследования проанализировать PR-деятельность по продвижению SR Space на международный рынок.

Степень разработанности. Данная тема вызывает интерес исследователей. Отметим публикации таких авторов как Чумиков А.Н., Бочаров М.П., Почепцов Г.Г., Коваленко М.Ю. и Шарков Ф.И. Но, в частности, деятельность аэрокосмической компании SR Space недостаточно изучена, поскольку она является новой на рынке.

Научная новизна заключается в изучении опыта PR-деятельности SR Space при продвижении компании на международный рынок.

Исследование строилось на основе анализа результатов PR-деятельности SR Space. С момента создания в 2020 году перед компанией встал вопрос поиска заинтересованных лиц, инвесторов на международном рынке. Для достижения данной цели была выстроена коммуникационная кампания, проходившая с Июля по Декабрь 2020 года, в результате которой было охвачено около 260 средств массовой информации и было охвачено около 69.8 млн. человек [2]. Британский журнал POST от 21 октября 2020 написал о создании Success Rockets орбитальной группировки из 510 спутников. Также главой компании Олегом Мансуровым было дано интервью на международном форуме «Открытые инновации» в 2020 году. Охват мероприятия составил около 120 тыс. человек из 134 стран мира, среди них Германия, Корея, Япония, страны СНГ и др. PR-деятельность заключалась в освещении деятельности SR Space в интервью Олега Мансурова [3].

В 2021 году SR Space принимали участие в 26-й Конференции ООН по вопросам изменения климата. В конференции приняли участие 120 мировых лидеров, более 40000 участников, в числе которых 3886 представителей СМИ. Об участии SR Space в данной конференции написал британский журнал «Earth Imaging Journal», где повествовалось о демонстрационной модели спутника, предназначенной для мониторинга основных климатических веществ [1].

В 2022 году компания активно занималась разработкой и производством своих продуктов, которые не так широко освещались в СМИ. Например, SR Space представили линейку

собственных жидкостных двигателей для орбитальной ракеты, презентовали ракету легкого класса Stalker. Малая освещенность данных событий может быть связана с тем рынком, для которого она может быть предназначена, рынком B2B. В октябре 2023 года SR Space приняла участие в IAC в Баку, где было привлечено около 5000 участников. На конгрессе было представлено 3600 научных статей из 95 стран. И вследствие получила лицензию на космическую деятельность. По заявлениям самой компании выручку холдинга удалось увеличить более чем в 3 раза по сравнению с 2022 годом [1].

В 2023 году усилия SR Space были направлены на выстраивание различных коммуникаций не только на внутреннем российском рынке, рынке B2C, но и на усилении влияния на мировую арену. В 2023 году в британском журнале POST было освещено подписание соглашения на полях Петербургского международного экономического форума между российским T1 IT-холдингом и SR Space о разработке суборбитальной ракеты-носителя и запуске ее за линию Кармана [3].

Выводы:

1. Благодаря эффективной работе по поиску инвесторов на первом этапе существования компании при помощи средств массовой информации и созданию и популяризации образа главы компании Олега Мансурова, при помощи такого PR-инструмента, как интервью, удалось выйти на российский рынок и проложить начало для развития на международном рынке.

2. В 2022 году компания уделяла достаточно много внимания развитию технологической части, однако развитие B2B и B2C, а также международных коммуникаций в 2023 позволило расширить горизонты развития SR Space по сравнению с предыдущим годом и чаще появляться на заголовках зарубежной прессы.

Рекомендации:

Необходимость освещения своей деятельности организацией является ключом к успеху в продвижении данной организации на рынок, поэтому SR Space необходимо в равной мере ориентироваться как на рынок инвесторов, так и на рынок B2C. Улучшить B2C коммуникации можно за счет брендовой одежды и канцелярских принадлежностей и ее большей интеграции с вузами, что позволит укрепить имидж на внутреннем рынке. Для развития и на международной арене SR Space необходимо участвовать в тематических конференциях, а также главе компании Олегу Мансурову принимать участие в интервью с иностранными журналистами.

Список используемых источников:

1. Официальный сайт российской аэрокосмической компании SR Space. URL: <https://srspace.ru/>. Дата обращения 17.02.24

2. Чумиков А.Н., Бочаров М.П. Связи с общественностью: теория и практика. [Текст]. М.: Дело, 2014. — 536 с.

3. Сайт журнала POST. URL: <https://www.poandpo.com/>. Дата обращения: 17.02.24

PR деятельность в социальных сетях авиационной компании S7

Лебедева А.В.

Научный руководитель — Гуляев В.В.

МАИ, Москва

Социальные сети в настоящее время стали неотъемлемой частью нашей жизни, предоставляя отличную возможность для взаимодействия между брендами и их клиентами. Для авиационной компании S7 социальные сети являются не только средством коммуникации, но и мощным инструментом для продвижения бренда, привлечения новых клиентов и поддержки уже существующих [2].

Главная цель проекта «PR деятельность в социальных сетях авиационной компании S7» заключается в создании и поддержании положительного имиджа компании, увеличении ее узнаваемости и привлечении большей аудитории в социальных сетях [2]. Конкретные цели проекта включают: развитие стратегии контента; генерация большего количества подписчиков, привлечение новых пользователей в социальных сетях и увеличение числа

подписчиков на страницах авиационной компании S7, взаимодействие с клиентами, предоставление быстрых и качественных ответов на вопросы и обращения клиентов через социальные сети, удовлетворение их потребностей и решение проблем [1].

Проведя исследование, выяснили, что для привлечения внимания и удержания своей аудитории S7 Airlines активно использует иностранные социальные сети. Компания строит свою стратегию на основе разных форматов контента, таких как фото, видео, новости, акции и прочее. Провели анализ целевой аудитории: определили основные категории пользователей, с которыми будет взаимодействовать S7 в социальных сетях. Изучили активность и результаты PR-деятельности конкурентов в социальных сетях. Сравнили типы контента, виды взаимодействия, активности аудитории и рейтинги популярности других авиационных компаний и авиационной компании S7. Отследить текущие тренды и интересы целевой аудитории в социальных сетях. Проанализировали популярные хэштеги и тематические сообщества [4].

Проанализировав контент S7 в социальных сетях, мы сделали выводы, которые помогли бы улучшить продвижение авиакомпании в медиасфере. Одним из ключевых результатов исследования было обнаружено, что S7 активно использует социальные сети для продвижения своего бренда и установления доверительных отношений с клиентами. Компания успешно применяет такие PR-инструменты, как формирование имиджа, создание контента, консультирование и обратная связь с клиентами. Кроме того, было выявлено, что S7 активно вовлекает свою аудиторию в социальных сетях, организуя различные акции, конкурсы и викторины. Это способствует увеличению вовлеченности клиентов и созданию позитивного имиджа компании [3].

Список используемых источников:

1. Гундарин М.В. Теория и практика связей с общественностью. Основы медиа-рилейшнз. М., 2011. — 312 с.
2. Успенский И.В. Интернет как инструмент маркетинга. Учебник. СПб.: СПбГУЭиФ, 2003. — 197 с.
3. Алферов Ю.Ю., Government Relations в России как развивающаяся сфера коммуникационного менеджмента. М., 2020 — 71 с.
4. Минтусов И.Е., Филатова О.Г. GR: теория и практика. СПб.: СПбГУ, 2013. — 87–95 с.

Роль бортпроводников в формировании позитивного имиджа авиакомпании

Луданова В.В.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Кушвахва Х.Н.

МАИ, Москва

Актуальность темы обусловлена необходимостью освещения деятельности служащих гражданской авиации, так как эти специалисты непосредственно взаимодействуют с пассажирами, влияя на общее восприятие качества сервиса и безопасности, что является составной частью поддержания имиджа компании.

Новизна исследования обусловлена тем, что ранее роль бортпроводников в формировании позитивного имиджа авиакомпании не исследовалась.

Целью данной работы является определение влияния работы бортпроводника на восприятие клиентами имиджа авиакомпании, на примере таких российских авиакомпаний как «Аэрофлот» и «S7 Airlines».

Обзор. Теоретической и практической основой исследования послужили труды как российских, так и зарубежных авторов, таких как Филиппева Т. В. [1], Марихин С. В., Литвинова А. В., Степаненко В. А. [2]. Дополнительными источниками послужили публикации имиджмейкеров, сайты авиакомпаний.

Исследование. Автором были проанализированы профессиональные стандарты работы бортпроводников, а также проведен мониторинг материалов, размещенных на официальных сайтах авиакомпаний и в СМИ. На основании полученных данных был выявлен набор функций, возложенных на стюардесс и стюардов, которые они осуществляют на борту авиалайнеров.

Бортпроводник — это рядовой член экипажа воздушного судна, обеспечивающий безопасность пассажиров и их комфорт на борту. Несмотря на все трудности и риски данной деятельности, стюардессы и стюарды являются лицом компании для пассажиров во время полета, поэтому качественное обслуживание и соблюдение всех требований способствуют формированию положительного впечатления и увеличению лояльности клиентов авиакомпании.

Одним из первостепенных имиджеобразующих факторов является внешний вид бортпроводника. Униформа должна быть не только эстетически привлекательной, удобной и практичной, но и соответствовать фирменному стилю компании, вписываться в ее айдентику, подчеркивать индивидуальность. У «Аэрофлота» основными требованиями являются минимализм и строгое соблюдение дресс-кода [4]. «S7» же, напротив, менее консервативен: бортпроводники имеют возможность проявлять свою индивидуальность [3].

Другим не менее важным фактором является поведение бортпроводника. Положительный опыт взаимодействия, вовремя оказанная помощь, могут стать ключевыми моментами при выборе пассажирами авиакомпании для будущих перелетов. Несмотря на то, что все обязанности и нормы прописаны в Приказе Министерства труда и социальной защиты РФ от 13 апреля 2021 г. №231н «Об утверждении профессионального стандарта «Бортовой проводник», а также дополняются каждой авиакомпанией в отдельности, существуют негласные правила поведения на борту, которые напрямую влияют на впечатление пассажиров от полета, а следовательно и на рейтинг авиакомпании.

Для контроля качества обслуживания у авиакомпаний существуют системы обратной связи: отзывы на сайте, системы оценки перелетов в приложениях или личных кабинетах пользователя. Кроме того, «Аэрофлот» и «S7 Airlines» участвуют в программе «Тайный пассажир», где можно оценить авиакомпанию на всех этапах путешествия.

Следует отметить и такие факторы, влияющие на имидж авиакомпании, как обеспечение безопасности полета, умение выходить из конфликтных ситуаций, когда некоторые пассажиры нарушают закон, ведут себя ненадлежащим образом по отношению к лицам, находящимся на борту и т. д. Действовать в таких случаях нужно незамедлительно, но при этом корректно и согласно правилам поведения в данной ситуации.

Значимым аспектом является и активность бортпроводников в личных социальных сетях. Важно следить за тем, чтобы фото и видео сотрудников не несли оскорбительный характер, не были откровенными и не порочили репутацию компании, иначе ее авторитет в глазах клиентов может стремительно упасть.

Выводы:

1. Бортпроводник является лицом авиакомпании, на которое возлагается ответственность за комфорт и безопасность пассажиров во время рейса, что влияет на общее восприятие авиакомпании.

2. Профессиональное поведение, умение предотвращать конфликтные ситуации, а также позитивная атмосфера, созданная бортпроводниками, способствуют установлению доверительных взаимоотношений с пассажирами и спокойному полету без происшествий.

3. Публикация некоторых материалов в личных социальных сетях бортпроводников может привести к общественному резонансу и падению авиакомпании в глазах даже самых лояльных клиентов.

Рекомендации. Авиакомпаниям необходимо предоставлять все необходимые условия для комфортной работы стюардесс и стюардов, так как это сложная, многофункциональная профессия, которая требует идеальной подготовки, а также влияет на здоровье и состояние сотрудников. По этой причине, грамотно выстроенное общение, не конфликтная обстановка в рабочем коллективе и корпоративная культура будут способствовать повышению качества работы бортпроводников.

Список используемых источников:

1. Филиппева Т. В. Психологическое содержание труда бортпроводника воздушного судна гражданской авиации. — 2006. — [Электронный ресурс] Режим доступа: https://new-dissert.ru/_avtoreferats/01003013117.pdf. Дата обращения 10.02.24

2. Марихин С. В., Литвинова А. В., Степаненко В. А. Некоторые особенности процесса обучения авиационного персонала // Цифровая наука. — №11. — 2021. — [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-osobennosti-protsessa-obucheniya-aviatsionnogo-personala/viewer> Дата обращения: 10.02.24.

3. Официальный сайт авиакомпании S7 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.s7.ru/> Дата обращения: 10.02.24.

4. Официальный сайт авиакомпании Аэрофлот [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.aeroflot.ru/ru-ru> Дата обращения: 10.02.24.

Коммуникационные стратегии продвижения имиджа главы авиационной компании «Аэрофлот»

Мазаев В.С.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Анна В.Т.

МАИ, Москва

Актуальность. В современном мире, где информация является одним из ключевых ресурсов, эффективные коммуникационные стратегии играют важную роль в формировании и поддержании имиджа главы компаний. Особенно актуально это в сфере авиации, где глава авиационной компании становится фигурой, символизирующей и представляющей организацию перед международным сообществом.

Обзор. Изучением коммуникационных стратегий занимались следующие исследователи: Джек Траут и Стив Ривкин [1], Жан-Ноэль Капферер [2], Джим Тейлор и Стив Хэтч [3], Зиганшина А.А. [4], Моисеева А. П. [5].

Цель — рассмотреть коммуникационные стратегии, которые использует для своего продвижения генеральный директор авиакомпании «Аэрофлот» Сергей Александровский.

Исследование. Анализ коммуникационной стратегии главы компании «Аэрофлот» С.Александровского выявил следующие ее основные элементы:

1. Четкое и прозрачное информирование. С.Александровский осуществляет коммуникацию со СМИ, широкой общественностью, а также с сотрудниками авиакомпании. Он предоставляет достоверную информацию о деятельности «Аэрофлота», его текущем положении и стратегических планах. Это помогает укрепить доверие и убеждает людей в надежности авиакомпании.

2. Использование различных каналов коммуникации. Александровский активно пользуется современными средствами коммуникации, такими как социальные сети, пресс-конференции, телевидение и другие медиаресурсы. Это позволяет ему достигать как широкой аудитории, так и конкретных целевых групп, исходя из особенностей каждого канала коммуникации.

3. Открытость к диалогу и обратная связь. Глава «Аэрофлота» активно взаимодействует с сотрудниками, выслушивая их мнения и отвечая на их вопросы. Он стремится учесть их потребности и предложения для улучшения деятельности компании, что способствует установлению эффективного коммуникационного процесса.

4. Фокус на социальной ответственности. С. Александровский принимает активное участие в благотворительных мероприятиях и поддержке социально значимых проектов. Это не только создает положительную репутацию «Аэрофлота», но и помогает обществу в целом. Сообщения о таких инициативах демонстрирует социальную ответственность и влияние главы компании на формирование положительного имиджа авиакомпании.

5. Кризисное управление. В случае возникновения кризисных ситуаций, Сергей Александровский действует немедленно и применяет активную коммуникацию для решения проблем. Он рассказывает о происходящем и предпринимает меры для урегулирования ситуации, что помогает «Аэрофлоту» справиться с кризисом и минимизировать его отрицательные последствия.

Выводы:

1. Коммуникационная стратегия главы «Аэрофлота», Сергея Александровского, включает в себя четкое информирование, использование различных каналов коммуникации и открытость к диалогу и обратной связи.

2. В его коммуникационной стратегии большое место отводится социальной ответственности и кризисному управлению. Комбинация этих элементов способствует укреплению репутации Аэрофлота и поддержанию доверия со стороны клиентов, сотрудников и общественности.

Рекомендации:

1. Главе «Аэрофлота» следует больше встречаться с представителями каналов СМИ.

На основе существующей информации о главе компании «Аэрофлот» Сергее Александровском, хотелось бы видеть больше работы со СМИ и Интернетом, поскольку в информационном поле «Аэрофлот» фигурирует не часто.

2. Для имиджа компании ее главе необходимо чаще появляться в социальных сетях и вести, например, на постоянной основе свой канал в Telegram, как это делает мэр Москвы Сергей Собянин.

Список используемых источников:

1. Траут, Д. Ривкин С. Дифференцируйся или умирай! Выживание в эпоху убийственной конкуренции — 3-е изд. — СПб.: Питер, 2018. — 368 с.

2. Жан-Ноэль Капферер Бренд навсегда. Создание, развитие, поддержка ценности бренда. — 3-е изд. — М.: Вершина, 2007. — 448 с.

3. Тейлор Д., Хэтч С. Волшебство по расчету. Алгебра рекламы. — М.: Манн, Иванов и Фербер, 2008. — 272 с.

4. Зиганшина А.А. Этапы реализации коммуникационной стратегии брендов в цифровой среде. — 1-е изд. — М.: 2018. — 15 с.

Особенности модернизации имиджа самолёта SJ100 PR-инструментами

Мачнева С.И.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Кушвахва Х.Н.

МАИ, Москва

Актуальность. На сегодняшний день ближнемагистральный реактивный самолет нового поколения SJ100 имеет очень важное значение в укреплении и поддержании авиационной отрасли России, а также увеличении конкурентоспособности отечественного производства на международном рынке гражданской авиации. Модернизированный самолет свидетельствует о потенциале российской промышленности, способной производить современные и качественные воздушные суда. Для модернизации его имиджа особое внимание нужно уделять созданию положительного информационного пространства вокруг SJ100, в связи с чем важно постоянное присутствие положительных сообщений в информационном поле и укреплении позитивного имиджа за счет использования разнообразных PR-инструментов.

Цель работы — выявить наиболее эффективные PR-инструменты, способствующие модернизации имиджа самолета SJ100 и предложить рекомендации по оптимизации продвижения положительного образа самолета в медиа пространстве.

Обзор. Изучением специальных мероприятий и PR-текстов занимались такие исследователи, как: Клименко Е., Захарова С.Е. [1], Кривоносов А.Д. [2], Чумиков А.Н. [4]. Но ни одно из приведенных выше исследований не рассматривает PR-тексты, а также специальные мероприятия, проводимые SJ100, что и является новизной данной работы.

Исследование. Для достижения поставленной цели проведен анализ опубликованных в СМИ PR-текстов, а также специальных мероприятий с SJ100 с января 2023 года по январь 2024 года.

Автором было проанализировано 37 пресс-релизов с упоминанием SJ100, размещенных на информационно-новостном портале РИА Новости с января 2023 года по январь 2024 года. Каждый из PR-текстов соответствует определенной тематике и посвящен наиболее важному

событию, связанному с модернизированным SJ100. Так, при рассмотрении данных текстов, их можно разделить на следующие основные темы:

- Рубрика «Главные темы часа» (6),
- Развитие авиации (7),
- Анонсирование полетов (8),
- Анонсирование поставок (3),
- Улучшение производства (2),
- Испытания (2),
- Технические характеристики (2),
- Первый полет (6),
- Ребрендинг названия (1).

Наибольшая часть PR-текстов сопровождалась иллюстрациями и комментариями экспертов в области авиации.

Также были проанализированы основные специальные мероприятия, связанные с SJ100, которые упоминались в пресс-релизах на официальном сайте ПАО «Яковлев» в разделе «Пресс-центр» с января по декабрь 2023 года.

Было установлено, что за данный период было проведено 8 специальных мероприятий: 3 демонстрации (презентации) летно-технических характеристик, участие в национальной выставке, выездная сессия научно-технического совета (НТС), подписание соглашений, симпозиум, получение одобрения Росавиации. Большая часть приведенных специальных PR-мероприятий была проведена в июне (выездная сессия и демонстрация летно-технических характеристик SJ100).

Выводы:

1. В качестве основного специального PR-мероприятия, связанного с самолетом SJ100, выступает демонстрация летных характеристик.

2. Основными темами PR-текстов с упоминанием SJ100 в информационно-новостном портале РИА Новости являются пресс и ньюс-релизы о развитии авиации, анонсировании полетов; рубрика «Главные темы часа»; первый полет.

3. Ограниченность разнообразия проведенных специальных мероприятий, связанных с SJ100, а также небольшая частота их проведения.

Рекомендации:

1. ПАО «Яковлев» необходимо расширить палитру специальных PR-мероприятий, направленных на формирование положительного имиджа самолета SJ100 и улучшение его репутации.

2. При проведении данных мероприятий, нужно увеличить частоту их проведения.

3. При написании PR-текстов необходимо разнообразить их жанровую тематику.

Список используемых источников:

1. Клименко Е., Захарова С.Е. Специальные мероприятия в PR-кампаниях при продвижении имиджа авиационных компаний // Сборник докладов Секции «Актуальные проблемы социально-гуманитарного знания» в рамках Московской молодежной научно-практической конференции «Инновации в авиации и космонавтике» — 2015. С. 212–217.

2. Кривоносов А.Д. PR-текст в системе публичных коммуникаций. — 2. изд., доп. — СПб.: Петербург. Востоковедение. — 2002. — 279 С.

3. Официальный сайт информационно-новостного портала РИА новости. Режим доступа: <https://ria.ru/> Дата обращения: 10.02.2024.

4. Чумиков А.Н. Реклама и связи с общественностью: Имидж, репутация, бренд: Учеб. пособие для студентов вузов. М.: Аспект-Пресс — 2014. 159 с.

Особенности продвижения имиджа аэрокосмической индустрии Великобритании в информационном пространстве

Москвитин Е.В., Мельников Р.А.

Научный руководитель — доцент, к.п.н. Рыбакова Л.В.

МАИ, Москва

Аэрокосмическая индустрия сегодня — одна из важнейших отраслей, поскольку дает возможность стране быть защищенной и независимой в вопросах космонавтики, чем объясняется актуальность данной темы [2].

Имидж — эффективный идеальный объект, имеющий сложную конструкцию, особенности продвижения, а также предполагающий сильный эмоциональный отклик. Имиджмейкеры отчетливо понимают, какую и для чего надо создать модель. Для этого существует определенная стратегия.

Рассмотрим на примере Великобритании особенности продвижения имиджа аэрокосмической индустрии. УК является одной из мощных космических держав [4], что подтверждается официальными документами и высказыванием влиятельных политиков. Например, «Национальной стратегической политикой Великобритании»; G.Freeman (министром науки, исследования и инноваций) и др. При этом мировое сообщество не видит страну в образе мирового космического лидера. Есть имидж «легкой», непритязательной в аэрокосмической индустрии. Почему? Мы поставили цель-ответить на этот вопрос и выяснить особенности продвижения существующего имиджа. Исходя из цели были поставлены задачи: обзор источников о космических достижениях разных стран; анализ английского идиома о космосе как принципа «двойного вызова»; базисные основания создания имиджа.

Исходя из обзора источников («The Economist» «Washington Post», «El Periódico», «The Kosmos», «Космические исследования») было выяснено, что наиболее часто, как лидеры аэрокосмической индустрии, упоминаются: США, Россия, Китай, Южная Корея, Индия, Иран.

Изучая принципы создания имиджа мы обратили внимание на иллюзорный мир [3], который составляется по схеме: средства выразительности (нами были исследованы идиомы) — герой — знак. Гипотеза исследования заключается в том, что идиомы являются

продвижением заданного имиджа, имея психологическое и эмоциональное воздействие. Они являются неотъемлемой частью языковой культуры и использование их в коммуникации придает речи оригинальность и выразительность. Кроме этого, в связи с тем, что общественность и реклама играют важную роль в нашей жизни, важно исследовать идиомы, связанные с космосом, чтобы понять их связь с этими сферами и использовать в нашей коммуникации.

Идиома — это структурированная лексико-грамматическая конструкция в языке, которая обладает значением, отличным от суммы значений её составляющих частей [1]. Она является выражением культурных, исторических или социальных особенностей языкового сообщества, и часто используется для передачи определённых концепций или эмоционального оттенка.

Английский язык полон идиом, которые широко используются в повседневной речи. В данном исследовании будет рассмотрено несколько идиом, связанных с космосом, общественностью и рекламой.

1. "To be over the moon" (быть на седьмом небе) — это идиома, которая означает чрезмерное счастье или радость. Она иллюстрирует ощущение, когда что-то восхищает или поражает нас настолько, что мы чувствуем себя словно на седьмом небе. Эту идиому можно использовать, например, чтобы выразить свою радость от достижения какой-то цели или получения прекрасных новостей.

2. "To have one's head in the clouds" (голова в облаках) — это идиома, которая описывает человека, который забывает или не обращает внимания на реальность, потому что его мысли заняты чем-то фантастическим или неосуществимым. Эта идиома может использоваться для описания мечтателей или людей, чьи мысли часто уходят в другие миры.

3. "To shoot for the moon" (стрелять в луну) — эта идиома выполняет роль метафоры для описания стремления к большому успеху или амбициозных целей. Она подразумевает, что мы

должны идти за самыми высокими и недостижимыми целями, так как даже если мы не достигнем их, мы все равно достигнем звезд.

4. "To be a star" (быть звездой) — это идиома, которая описывает человека, который очень популярен или успешен в своей области. Она подразумевает, что человек выделяется среди остальных, будто светит как яркая звезда на небе. Эту идиому можно использовать, чтобы описать кого-то, кто достиг выдающихся результатов в карьере или общественной деятельности.

5. "To make a splash" (создать шумиху) — это идиома, которая описывает привлечение большого внимания или вызывание сильного впечатления. Она связана с представлением, когда что-то падает в воду и вызывает большую вспышку или обрушение. Эту идиому можно использовать, чтобы описать успешную рекламную или PR-кампанию, которая привлекает много внимания общественности.

Использование таких идиом помогает сделать речь более интересной и живой, а представление о Великобритании, как о космической державе-несколько легкомысленной, незначительной.

Выводы: В английские идиомы о космосе прослеживаются особенности продвижения имиджа: эмоциональная окраска, целенаправленность, содержание.

Список используемых источников:

1. Dictionary of English Idioms” by Martin H. Manser [Электронный ресурс] / Толковый словарь — Электр. дан: <https://www.oed.com/?tl=true> / (дата обращения 23.12.2023).

2. The Economist [Электронный ресурс] / Экономическая газета — Электр. дан: <https://www.economist.com/> / (дата обращения 25.12.2023).

3. Washington Post [Электронный ресурс] / Новостная газета — Электр. дан: [washingtonpost.com](https://www.washingtonpost.com/) / (дата обращения 25.12.2023).

4. National space strategy [Электронный ресурс] / Программный документ — Электр. дан: <https://www.gov.uk/government/publications/national-space-strategy> / (дата обращения 02.01.2024)

Миф в рекламе и его влияние на продвижение услуг (на примере авиакомпании «Аэрофлот»)

Мушта Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Кушвахва Х.Н.

МАИ, Москва

Актуальность. Для привлечения внимания к своей деятельности различных целевых аудиторий авиакомпании используют разнообразные современные рекламные инструменты, одним из которых является миф. Миф — это символ отражения реальности через образы, заложенные в нашем подсознании нашими предками. Представляется актуальным исследование рекламного мифа как технологии формирования уникальных образов и историй, создающих идеальное представление об авиакомпании и ее услугах.

Цель работы — выявить использование мифа в рекламе авиакомпании «Аэрофлот» за период январь-декабрь 2023, определить эффективность влияния рекламного мифа на продвижение услуг авиакомпании в цифровой среде.

Обзор. Исследованием мифов, архетипов и их влияния на восприятие образов занимались Леви-Стросс К. [1], Ковалева М.В. [2], Балашова Е.С. [3], Лапшина О.Н. и Соколова А. П. [4]. Стоит отметить, что ни одна из опубликованных работ не исследует использование мифов в рекламе авиауслуг авиакомпании «Аэрофлот».

Новизна. Исследований мифов как одного из инструментов рекламных коммуникаций для продвижения услуг авиакомпании «Аэрофлот» ранее не проводилось, что и обуславливает новизну данной работы.

Исследование. Рассмотрены публикации, размещенные на официальной странице авиакомпании «Аэрофлот» в Telegram. Были проанализированы основные образы и символы, транслируемые в рекламных сообщениях и видеороликах и выделены их основные архетипы.

За период с января по декабрь 2023 года в канале Telegram «АЭРОФЛОТ» было опубликовано 213 рекламных публикаций, содержащих визуальный контент (январь — 11 публикаций, февраль — 15 публикаций, март — 20 публикаций, апрель — 22 публикации, май — 22 публикации, июнь — 17 публикаций, июль — 12 публикаций, август — 22 публикации, сентябрь — 14 публикаций, октябрь — 21 публикация, ноябрь — 14 публикаций, декабрь — 23 публикации).

Изучив данные на предмет использования в них мифов и архетипов, можно прийти к выводу, что самым популярным является использование нескольких мифов и архетипов, укрепляющие влияние на сознание в рекламном образе:

1. комфорт и безопасность — историческая рубрика #100Лет_100Авиафактов, рассказывающая о вкладе Аэрофлота в историю авиации, о достижениях; частая реклама со слоганом: «Лучшая авиакомпания на международных рейсах». Данные рекламные публикации несут в себе следующие архетипы: герой — демонстрация своих побед; правитель — первенство; создатель — творец, воплощает задуманное;

2. путешествия и мечты — благотворительная акция «Ёлка желаний» — семилетнему мальчику предлагают осуществить его мечту: побывать в кабине настоящего самолёта; большое количество конкурсов на розыгрыш билетов в разные точки мира: «Лучше видеть», #АэрофлотНаправления — реклама рейсов с указанием цен и путеводителя. Показаны такие архетипы как: волшебник — осуществление мечты, живет идеями; сирота — желание быть в команде, найти единомышленников; исследователь — любовь к путешествиям; любовник — любит быть среди близких;

3. лидерство — рекламный видеоролик «100 лет создавая будущее», где художник через мазки кисти на холсте воссоздает всю историю Аэрофлота, рассказывает о преодолении рубежа столетия российской авиации и большом вкладе в ее развитие; видеоролики, посвященные квалифицированному экипажу авиакомпании. Архетипы: мудрец — поиск новой информации; исследователь; создатель;

4. доступность — различные маршруты по доступным ценам с участием большой группы молодых людей, призывающих отправиться в путешествие: «Любишь кататься — люби и катайся», #АэрофлотРаспродажа; #Аэрофлот лайфхак — советы, где приобрести билет и отправиться в путешествие по выгодным ценам с «Аэрофлот»; #ЛетимНаДальнийВосток — удобство оформления перелета в самую дальнюю точку нашей страны по хорошим тарифам. Используются архетипы: волшебник, исследователь и любовник.

Указанные образы благоприятно воздействуют на восприятие символов и транслируют их в бессознательное, тем самым отзываясь глубоко внутри подсознания, создавая необходимый эффект и вызывая доверие. Такой способ использования архетипов позволяет им принимать различные значения, которые закладываются в рекламу с учетом основных целей компании. Также стоит отметить, что все публикации имеют большее количество реакций и положительных ответов.

Выводы:

1. Использование мифа в рекламе в совокупности с архетипом увеличивает шансы на успех.

2. Мифы в рекламных коммуникациях проецируют желаемую картину мира, создают потребность в сознании потребителя.

3. Рекламные образы на основе мифа встречаются общественностью более благосклонно и с большим доверием, что хорошо продвигает компанию и ее услуги.

Рекомендации:

1. В визуальных образах рекламы на тему путешествий, авиакомпании «Аэрофлот» стоит больше использовать архетип любовник и невинный (компания друзей или семья).

2. Рекламируя свои услуги, авиакомпании «Аэрофлот» стоит транслировать миф о путешествии и безграничных просторах для путешествий при помощи архетипов волшебник и шут при рекламе семейных путешествий с непоседливыми детьми.

Список используемых источников:

1. Леви-Строс К. Мифологии. В 4-х тт. Том 3. Происхождение застольных обычаев. М.; СПб.: Университетская книга, 2000. 461 с. — (Книга света печатное издание).
2. Ковалева М. В. Роль мифов в сознании современного общества [Текст]/ М. В. Ковалева // *Abyss* (Вопросы философии, политологии и социальной антропологии). — 2019. — № 4(10). — С. 13–19.
3. Балашова Е.С. Современные аспекты теории архетипов К.-Г. Юнга [Текст]/ Е. С. Балашова, С. В. Грибанов, С. М. Мальцева, О. И. Носкова // *Азимут научных исследований: педагогика и психология*. — 2019. — Т. 8, № 3(28). — С. 320–321.
4. Лапшина О. Н., Соколова А. П. Мифотворчество как креативный прием в рекламе [Текст] // *Сервис в России и за рубежом*. 2014. №6 (53). С. 1–10.

PR-инструменты создания онлайн репутации авиакомпания «Аэрофлот»

Павлова А.С.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Тараненко А.В.

МАИ, Москва

Актуальность. С развитием цифровых технологий и расширением онлайн-присутствия компаний, PR-деятельность в сети Интернет стала неотъемлемой частью стратегии управления образом и репутацией. В контексте авиационной индустрии, где конкуренция высока, авиакомпании сталкиваются с необходимостью активного продвижения в онлайн-пространстве для привлечения и удержания клиентов, используя для этого все доступные PR-инструменты.

Цель — рассмотреть основные PR-инструменты, которые использует авиакомпания «Аэрофлот» в сети Интернет для поддержания своей репутации.

Обзор. Исследованию репутации современных компаний посвящены труды Кравцовой Е.Д. [1], Петровой А.А. [2], Плотникова А.В., Ивановой А.Н., Боровых К.О., Ощепкова А.М. [3]. Но ни одна из работ не посвящена исследованию использования PR-инструментов в создании онлайн репутации российских авиационных компаний. В этом и заключается новизна данной работы.

Исследование. Был проведен мониторинг PR-деятельности авиакомпании «Аэрофлот» в сети Интернет за прошедший 2023 год.

В ходе исследования оказалось, что авиакомпания «Аэрофлот» активно использует для поддержания своей репутации следующие PR-инструменты в сети Интернет:

1. Официальный сайт. На нем представлены официальные данные в виде PR-текстов и фотоотчетов для клиентов и партнеров компании. Основными информационными поводами для них являются информация о деятельности и достижениях авиакомпании в социальной и экономической сферах, открытие новых маршрутов, обновление воздушного флота. Все PR-тексты написаны официально-деловым стилем. Их главная цель — проинформировать обо всем, что связано с авиакомпанией.

2. Страницы в социальных сетях («ВКонтакте», «Одноклассники», «Telegram»). Информация обновляется каждый день. Главная цель постов — заинтересовать пользователей, привлечь их внимание к деятельности авиакомпании. Возможности социальных сетей позволяют также обсуждать интересующие их вопросы и получать ответы от администраторов в режиме реального времени.

3. Мобильное приложение авиакомпании «Аэрофлот», главной функцией которого является бронирование билетов. Авторизированные пользователи получают специальные предложения, а также возможность пользоваться функцией «Трэвел-Гид», подбирающий места отдыха через запросы.

4. Геосервисы и отзывы («Airlines Inform», «Otzovik.com» и «Irecommend.ru»). После проведенного мониторинга оказалось, что все отзывы об авиакомпании «Аэрофлот» можно условно разделить на две группы: положительные и отрицательные. К положительным относятся качество обслуживания, надежность и безопасность, профессионализм и дружелюбие персонала. К отрицательным — задержки рейсов, критика обслуживания на

борту воздушных судов, технические проблемы с онлайн сервисами бронирования и покупки билетов.

5. Работа с негативной информацией. В случае возникновения кризисных ситуаций сотрудники пресс-центра компании оперативно реагируют на посты в сети Интернет. Они предоставляют актуальную информацию, делают официальные заявления и оказывают помощь пассажирам.

Таким образом, PR-деятельность авиакомпании «Аэрофлот» в сети Интернет направлена на укрепление ее репутации и установление позитивного образа компании. Для этого сотрудники пресс-центра используют следующие PR-инструменты: официальный сайт, страницы в социальных сетях «Вконтакте», «Одноклассники» и «Telegram», мобильное приложение авиакомпании «Аэрофлот», геосервисы и отзовики, проводят работу с негативной информацией. Обратная связь с клиентами играет также ключевую роль в формировании положительной репутации компании.

В целом, авиакомпания «Аэрофлот» имеет хорошую репутацию среди пассажиров, однако негативные отзывы по отдельным аспектам ее работы указывают на необходимость дальнейших усилий по совершенствованию сервиса и улучшению клиентского опыта.

Рекомендации:

1. Усиление присутствия в социальных сетях: активное обновление информации, взаимодействие с пользователями для увеличения заинтересованности и привлечения внимания к деятельности компании.

2. Развитие мобильного приложения: улучшение и развитие его технических возможностей, появление новых функций.

Эти рекомендации помогут авиакомпании «Аэрофлот» продолжить укрепление своей репутации и улучшение клиентского опыта в онлайн-среде.

Список используемых источников:

1. Кравцова Е.Д. Управление репутацией в Интернете// Вести науки и образования. — № 7. — Ч.1. — 2019. Режим доступа:<https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-reputatsiey-v-internete>

2. Петрова А.А. Формирование репутации компании на основе PR-коммуникаций// Вопросы студенческой науки. — Выпуск № 6(58). — Июнь, 2021. — С. 363–368. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-reputatsii-kompanii-na-osnove-pr-kommunikatsii>

3. Плотноков А.В., Иванова А.Н., Боровых К.О., Ощепков А.М. Управление репутацией компании в интернете: инструменты управления репутацией, их применение и оценка эффективности // Креативная экономика. — 2021. — Том 15. — № 10. — С. 3823–3838. doi: 10.18334/ce.15.10.113707 Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-reputatsiey-kompanii-v-internete-instrumenty-upravleniya-reputatsiey-ih-primenenie-i-otsenka-effektivnosti>

4. Официальный сайт авиакомпании «Аэрофлот». Режим доступа: <https://www.aeroflot.ru/ru-ru>.

Разработка веб-сайта на английском языке для иностранных студентов по дисциплине «Введение в авиацию и ракетно-космическую технику»

Попов М.А., Ильина В.Н.

Научный руководитель — доцент, к.п.н. Рыбакова Л.В.

МАИ, Москва

В настоящее время в вузах аэрокосмического профиля, в том числе и Московском авиационном институте, обучается большое количество студентов из различных стран и регионов. Многие из них только изучают русский язык. В институте №3 «Системы управления, информатика и электроэнергетика», представителем которого являются авторы, тоже есть студенты иностранцы. Специализацией третьего института являются компьютерные технологии. Иностранные студенты, которые поступают в вузы ракетно-космической отрасли не очень хорошо знакомы с авиацией и ракетно-космической техникой. В рамках учебного процесса была введена дисциплина «Введение в авиационную и ракетно-

космическую технику. Однако иностранные студенты не очень хорошо понимают данную дисциплину ввиду не владения русским языком и тематикой. Поиск решения данной проблемной ситуации обусловил актуальность нашей работы. Мы предположили, что создание сайта на английском языке с материалами по указанной дисциплине может эту задачу решить. Кроме того, такой сайт поможет популяризировать отечественную космонавтику, рассказать о её обширной истории развития.

Целью исследования является создание концепции будущего сайта по дисциплине «Введение в авиационную и ракетно-космическую технику» для студентов иностранных государств, обучающихся в вузах аэрокосмического профиля, в том числе в Московском авиационном институте.

В соответствии с целями исследования были поставлены следующие задачи: 1. Найти и изучить структуру подобных сайтов вузов аэрокосмического профиля [2]; 2. Сбор информации у студентов Московского авиационного института о необходимости создания и требования к подобным сайтам; 3. Разработка концепции и создание образа сайта.

Изложение программ на английском языке способствует эффективному усвоению материала и обогащает образовательный опыт иностранных студентов, создавая доступную и информативную среду для изучения ключевых аспектов авиации и космической техники. Кроме того, веб-сайт будет предоставлять интерактивные ресурсы, такие как визуализации, онлайн-тестирование и практические задания, что способствует более глубокому пониманию материала. Предполагаемый онлайн-ресурс может стать неотъемлемой частью образовательного процесса, предоставляя иностранным студентам не только информацию, но и возможность взаимодействия с учебным контентом в простой и доступной форме, что в конечном итоге способствует повышению качества обучения и усилению связей с аудиторией в глобальном контексте.

Исследование выявит предполагаемое влияние будущего веб-ресурса на формирование образа университета среди иностранных студентов и потенциальных посетителей. Планируемый веб-сайт может успешно выступать в роли виртуального представителя университета, предоставляя информацию о высококачественном образовании в области авиации и ракетно-космической техники. Это будет способствовать привлечению новых студентов из различных стран, предоставляя им ценный ресурс для ознакомления с программами обучения, культурой университета и возможностями для академического роста.

Дополнительно, в ходе исследования возможна оценка эффективности рекламных кампаний в привлечении новых посетителей и повышении узнаваемости веб-сайта. Рекламные инструменты, такие как онлайн-реклама, участие в международных мероприятиях и партнерство с ключевыми игроками в области авиации и космической техники, дополняют воздействие веб-ресурса, способствуя укреплению позиций университета в качестве мирового центра образования в аэрокосмической отрасли [3, 22]. Стратегическое использование веб-ресурса в области международного привлечения студентов дополняется информацией о многоязычных возможностях обучения и социокультурной адаптации, что может способствовать созданию привлекательной и поддерживающей среды для международного студенчества.

Будущий веб-сайт может успешно действовать как платформа для обмена идеями и опытом, способствуя активному взаимодействию участников образовательного процесса. Ключевым аспектом исследования является также анализ обратной связи от пользователей, полученной через социальные медиа и другие каналы. Это поможет создавать виртуальное сообщество, где студенты могут задавать вопросы, обсуждать темы, а также получать обратную связь от опытных преподавателей и профессионалов из сферы авиации и космоса. Эта обратная связь предоставит ценную информацию о предпочтениях и потребностях студентов, позволяя университету адаптировать контент, а также способствует участию студентов в формировании образовательного процесса, поднимая стандарты коммуникации в аэрокосмической отрасли.

Мы предполагаем, что данная работа может быть полезна не только студентам институт №3 «Системы управления, информатика и электроэнергетика» Московского авиационного института, но и для студентов других вузов аэрокосмического профиля.

Список используемых источников:

1. Сидоренко В.И. Введение в авиационную, ракетную и космическую технику / В.И. Сидоренко. — Изд.3-е., испр. и доп. — М. : Моби Март, 2016. — 175 с.
2. Система электронного обучения МАИ [Электронный ресурс]. URL: <https://lms.mai.ru/> (дата обращения: 10.01.2024)
3. Буланцева Л.В. Современные подходы к управлению связями с общественностью для предприятий авиационной промышленности : учебное пособие // Л.В. Буланцева; МАИ (нац. исслед. ун-т). — Москва : МАИ, 2021. — 86 с.

Особенности использования PR-инструментов для продвижения бренда Московского авиационного института

Сазонова А.Э.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Кушваху Х.Н.

МАИ, Москва

Актуальность. Образовательному учреждению важно создавать и поддерживать образ для привлечения потенциальных студентов. Продвижение бренда вуза осуществляется через PR-инструменты. Целевой аудиторией являются школьники и их родители. Эффективное использование PR-инструментов становится основным элементом результативной стратегии продвижения бренда вуза.

Инструменты PR — это средства и методы, применяемые в деятельности по связям с общественностью с целью достижения поставленных коммуникативных целей и задач.

Цель работы — выявить наиболее эффективные PR-инструменты продвижения бренда Московского авиационного института и разработать ряд рекомендаций для развития бренда МАИ.

Обзор. Исследование продвижения бренда образовательного учреждения занимались Середин П.В [3], Завьялова Н.Б. [4], Швед Н., так же, при изучении бренда и его продвижения нами были использованы труды Варданян Г.А. [1], Гаврикова М.А [2], но ни одно исследование не рассматривает продвижение бренда Московского авиационного института, что и является новизной данной работы.

Исследование. Автором был проанализирован официальный сайт и сообщество МАИ в социальной сети ВКонтакте в период с декабря 2023 года по февраль 2024 как PR-инструменты продвижения бренда.

На главной странице сайта МАИ размещены новости вуза, учебная деятельность и информация о поступлении. Интерактивное поле о новых медиапроектах и о деятельности учреждения занимает большую часть главной страницы сайта.

Так, на 30.01.2024 года, опубликована информация о следующих мероприятиях: «Дни открытых дверей МАИ», «День карьеры 2024» и др.

Стоит отметить, что официальный сайт МАИ является наиболее удобным в использовании и современным по сравнению с другими сайтами ведущих вузов Москвы; информация на сайте обновляется ежедневно, редакторы публикуют качественный контент; насчитывает свыше 38 тысяч подписчиков, которые являются потенциальной аудиторией бренда. В день публикуется около 5 постов, каждый из которых просматривается 3 тысячи раз, наиболее популярными являются новости о научной деятельности института, также достижения студентов в профессиональных областях.

Следующие PR-инструменты, которые активно используются для продвижения бренда МАИ: подкасты, видеоклипы и интеграция с другими организациями.

Подкасты востребованный PR-инструмент продвижения бренда. Так, подкасты в сообществе ВКонтакте МАИ используют эпизоды-интервью, где гости делятся свои опытом и интересными историями. Этот PR-инструмент отличается легкостью распространения.

Алгоритмы социальной сети могут предложить к прослушиванию эпизод МАИ человеку, интересующемуся темой космоса, но не знающему о вузе.

Видеоклипы — еще один PR-инструмент, который используется вузом для продвижения бренда МАИ. Создание креативных видео обычно поощряется оценкой и комментариями. Наиболее оцениваемые клипы могут появляться в ленте пользователя без запроса темы. Таким образом, узнаваемость бренда МАИ повышается и привлекает новую аудиторию

Интеграция с другими сообществами ВКонтакте осуществляется через пересылаемые посты (репосты), либо через упоминание МАИ в тексте публикуемой новости.

На основании проведенного исследования был осуществлен опрос методом анкетирования, чтобы понять как абитуриенты и потенциальная аудитория МАИ относится к сообществу университета ВКонтакте. Опрос был проведен 22 февраля 2024 года, состоял из 5 вопросов, в нем приняли участие 10 человек в возрасте от 17 до 22 лет. Опрос показал, что все респонденты изучили сообщество вуза ВКонтакте, половина опрошенных подписались на новости официальной страницы. 70% респондентов выделили видеоклипы, как наиболее привлекательный для них контент. Остальные 30% согласились с тем, что информативными являются публикации на стене сообщества. Подкасты прослушивали 50% опрошенных и отметили что данный PR-инструмент является интересным. Только один опрошенный отметил что видел интегрированное сообщение ВКонтакте с сообществом МАИ, сообщество «Аэрофлот Техникс» упоминал вуз в своем сообщении, где говорилось об участии компании на Дне открытых дверей.

Выводы:

1. Основными PR-средствами продвижения Московского авиационного института являются официальный сайт mai.ru и сообщество в социальной сети ВКонтакте.

2. Размещение на официальном сайте сообщений и видеоконтента в YouTube позволяет охватить большую аудиторию и прилечь ее на сайт прямой ссылкой в видео.

3. В социальной сети ВКонтакте больше возможностей для продвижения бренда МАИ посредством PR-инструментов

4. Выявлено три метода продвижения в социальной сети: подкасты, видеоклипы и интеграции с другими сообществами

5. Мы определили отсутствие важного аспекта как на сайте, так и в сообществе — обратная связь.

Рекомендации:

Создание виртуального помощника в онлайн чате с заданными ответами и переходом на оператора станет преимуществом площадки и выделит бренд МАИ среди конкурентов.

Ответы на вопросы в комментариях сообщества ВК, поспособствуют повышению репутации среди аудитории.

Список используемых источников:

1. Варданын Г.А. PR и реклама: взаимосвязь и применение при продвижении [Текст] // Аллея науки. — 2020. — Т. 1. — №3(42). — 730–735 с.

2. Гаврикова М.А Социальные сети как инструмент продвижения бренда / М.А Гаврикова [Текст] // Достижения науки и образования. — Тамбов : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, 2020. — 37–40 с.

3. Середин П.В. Проблемы и особенности развития бренда современного ВУЗа // Экономика и социум. — 2019. — №1(56). — С. 158–165.

4. Завьялова Н. Б. Социальные сети в формировании имиджа образовательной организации [Текст] / Н. Б. Завьялова, А. А. Бреднев // Экономика и управление в XXI веке: тенденции развития. — 2016. — № 26. — 54–60 с.

Особенности продвижения имиджа авиакомпании «Аэрофлот» в цифровой среде

Соколовский Д.С.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Кушваха Х.Н.

МАИ, Москва

Актуальность работы. В условиях жесткой конкуренции на рынке авиаперевозок становится всё более важным использование различных PR-инструментов для создания положительного образа компании. Особое значение приобретает использование цифровых технологий, для эффективного продвижения имиджа авиакомпании на международном рынке авиаперевозок.

Цель исследования — изучить информационное пространство авиакомпании «Аэрофлот», выявить наиболее эффективные способы продвижения имиджа в цифровой среде, предложить рекомендации по поддержанию положительного образа авиакомпании цифровыми PR-инструментами.

Новизна исследования заключена в анализе специфики применения PR-инструментов в международной коммуникативной деятельности авиакомпании «Аэрофлот — российские авиалинии» в цифровой среде, и разработке эффективной стратегии PR-продвижения имиджа авиакомпании.

Обзор литературы. Проблема развития имиджа авиакомпании активно изучается в научной и практической литературе, среди публикаций выделим работы Х.Н. Кушвахи, А.В. Тараненко, Ф.И. Шаркова, О.А. Седова. Однако научный анализ использования цифровых технологий в развитии имиджа авиакомпании «Аэрофлот» требует дополнительного изучения.

Имидж авиакомпании — это образ, который формируется в сознании потребителей и отражает основные характеристики и преимущества компании на рынке авиационных услуг [2]. Продвижение имиджа авиакомпании включает использование разнообразных методов и инструментов, направленных на установление положительного восприятия компании и привлечения новых клиентов [1].

Развитие веб-сайта, активность в социальных сетях, предоставление различных интернет-сервисов и информационных услуг, включение их в повседневную жизнь современного интернет-пользователя, существенно расширили представление о методах и способах взаимодействия с авиакомпаниями.

Исследование. Был проведен анализ деятельности авиакомпании «Аэрофлот» в цифровой среде по продвижению имиджа.

Проведенное исследование деятельности авиакомпании «Аэрофлот» в цифровой среде за период с декабря по февраль 2023–2024 года показало, что компания активно использует различные инструменты для продвижения своего бренда, которые включают использование социальных сетей, таких как «ВКонтакте» и «Telegram», а также интернет-ресурсы, такие как «Яндекс.Дзен» и «канал Rutube», а также участие в отраслевых мероприятиях для презентации услуг и установления контактов с клиентами и партнерами [5].

Анализ данных интернет-площадок показал, что социальная сеть «ВКонтакте», с 607 500 подписчиков, является наиболее популярной платформой «Аэрофлота», предлагая подписчикам новости, фотографии, видео и конкурсы [3]. Вторым по популярности является канал в «Telegram» с 212 200 подписчиков, где также предоставляется информация о компании [4].

Таким образом, мы можем сделать вывод, авиакомпания «Аэрофлот» активно развивает онлайн-присутствие, следит за новыми технологиями и цифровыми тенденциями для поддержания своего имиджа.

Выводы:

1. Использование цифровых технологий открывает множество возможностей перед авиационными компаниями, в том числе развитие имиджа авиакомпании, сохранение постоянных клиентов и развития с ними долгосрочных отношений, создавая доверие к своим услугам.

2. Авиакомпания «Аэрофлот» активно занимается работой над поддержанием своего имиджа, используя современные рекламные и PR- технологии, такие как работа со СМИ, а именно: официальный сайт, страница в социальной сети ВКонтакте и Telegram, реклама, фирменный стиль, программа лояльности.

Рекомендации.

1. Публикация эксклюзивного контента в телеграмм-канале для привлечения большей аудитории и разнообразия контента между группой ВКонтакте и телеграмм-каналом

2. Для разнообразия информации на платформе рекомендуется размещать описание истории компании «Аэрофлот» и проводить интервью с сотрудниками или представителями различных структур компании.

Список используемых источников:

1. Кушваха Х.Н., Тараненко А.В. Средства массовой коммуникации как инструмент PR-продвижения авиационного бренда. Режим доступа — <https://cyberleninka.ru/article/n/sredstva-massovoy-kommunikatsii-kak-instrument-pr-prodvizheniya-aviatsionnogo-brenda-v-rossii/viewer>

2. Шарков Ф.И., Седов О.А. Продвижение бренда посредством новых информационно-коммуникационных технологий (на примере российских авиакомпаний). Режим доступа — <https://cyberleninka.ru/article/n/prodvizhenie-brenda-posredstvom-novykh-informatsionno-kommunikatsionnyh-tehnologiy-na-primere-rossijskih-aviakompaniy/viewer>

3. Официальная группа компании «Аэрофлот» ВКонтакте. Режим доступа — <https://vk.com/aeroflot>

4. Официальная группа компании «Аэрофлот» Telegram. Режим доступа — https://t.me/s/aeroflot_official

5. Официальный сайт компании «Аэрофлот». Режим доступа — <https://www.aeroflot.ru/ru-ru>

Участие в выставке NAIS 2024 как информационный повод деятельности авиакомпании Utair

Ширяева А.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Бубнов В.В.

МАИ, Москва

Актуальность исследования заключается в том, что для многих — если даже не для всех — существующих компаний крайне приоритетной задачей является освещение её деятельности в СМИ. Для того, чтобы название компании появлялось на страницах печатных и электронных изданий, должен существовать информационный повод, содержащий интерес для журналистов и целевой аудитории изданий. Выставка часто рассматривается как подходящий информационный повод: СМИ, чьё внимание привлечено к выставке, также обратят внимание и на компанию, которая в ней участвует.

Значимость работы заключается в необходимости поддерживать интересы компании кризисную эпоху, чего можно достигнуть освещением в СМИ для повышения доверия аудитории и потенциальных заказчиков [1].

Цель работы — изучение использования информационных поводов, созданных при помощи участия в выставке NAIS 2024 компанией Utair.

Обзор литературы. Заметный вклад в изучение информационных поводов и их разновидности рассматривает Быков И. А., Носова Е. А., Кушваха Х. Н. и Тараненко А. В.

Новизна работы заключается в рассмотрении информационной деятельности компании Utair в современных условиях санкционной борьбы, в частности, её участие в выставке NAIS.

Исследование. Участниками выставки NAIS 2024 стали 113 разных компаний России, Беларуси, Ирана и Китая. В выставке принимают участия не только компании, напрямую связанные с авиационной промышленностью, но и смежных областей, обеспечивающих работу аэропортов и авиакомпаний.

Для изучения информационной деятельности компании Utair был проведён контент-анализ новостей и социальных сетей. В первую очередь стоит отметить упоминания,

связанные с появлением Utair на выставке в качестве участника. Не менее семи публикаций крупных СМИ упоминают компанию Utair в качестве участников, повышая количество упоминаний компании в СМИ и привлекая внимание к компании тех, кто заинтересован в выставке NAIS 2024. Одним из таких источников является РБК, на который в качестве источника ссылается публикация на сайте самой авиакомпании Utair [2], и Российская газета. Помимо крупных информационных изданий, были сделаны публикации на страницах блогеров, заинтересованных авиационной сферой: публикации об участниках выставки, включая авиакомпанию Utair, сделаны блогерами таких порталов, как LiveJournal и Дзен.

В качестве ещё одного информационного повода был использован факт того, что компания Utair приняла участие в дискуссии о конфликте между пилотируемой и беспилотной авиацией, привлекая внимание к проблемам развития актуальных технологий. Этот вопрос вызвал интерес шести средств массовой информации, включая профессиональные издания, газету «Ведомости» и информационный сайт, посвященный беспилотным летательным аппаратам.

Следующим информационным поводом стала номинация «Лучшая авиакомпания в категории эконом-класс, внутренние регулярные перевозки в 2023 году» авиационной премии Skyway Service Award, проведённой в рамках выставки NAIS 2024. Utair провела активную PR-компанию на данную тему, из-за чего об этом написали на официальном сайте NAIS 2024 [3], а также специальных авиационных изданиях, таких как Aviation Explorer, Агентство АвиаПорт, что позволило увеличить количество публикаций и улучшить имидж компании.

Также компания успешно использовала данный информационный повод для размещения постов в официальных социальных сетях: запись об этом была размещена в Telegram, набравшая 16 тысяч просмотров; Одноклассниках, где видео собрало 141 просмотр; Дзене, где ролик набрал 61 просмотр, и Вконтакте, где запись набрала 12 тысяч просмотров. В каждой из этих социальных сетей она стала записью с самым большим количеством лайков и просмотров, по сравнению с предыдущими и последующими записями.

Стоит отметить положительный тон всех записей, проанализированных для данного исследования: компания Utair оценивается положительно в рамках изучаемых информационных поводов, связанных с участием в выставке.

Из данного исследования можно сделать вывод, что компания, Utair, поучаствовав в выставке NAIS 2024 смогла создать несколько информационных поводов и увеличить своё присутствие в информационном пространстве, повысив имидж компании.

Список используемых источников:

1. Кушваху Х.Н., Тараненко А.В. Специальные мероприятия как инструмент эффективной коммуникации с аудиториями аэропортов // Коммуникология. 2018. Том 6. №3. С. 42–50. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/spetsialnye-meropriyatiya-kak-instrument-effektivnoy-kommunikatsii-s-auditoriyami-aeroportov/viewer>

2. Официальный сайт Utair [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.utair.ru/about/news/> (дата обращения: 16.02.2024)

3. Официальный сайт NAIS 2024 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://naisrussia.ru/news/tpost/z754azlx51-glava-utair-soobschil-o-konflikte-piloti> (дата обращения: 16.02.2024)

Особенности PR-технологий в работе пресс-службы авиакомпании (на примере авиакомпании «Аэрофлот — российские авиалинии»)

Шушакова М.М.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Кушваху Х.Н.

МАИ, Москва

Актуальность темы обусловлена тем, что совершенствование PR-технологий в деятельности пресс-служб компаний авиационной сферы является частью эффективной информационной стратегии. Взаимодействие с целевыми аудиториями, в первую очередь со

средствами массовой коммуникации и органами власти, способствует продвижению имиджа и формированию лояльного отношения со стороны общественности к деятельности компании.

Цель — выявить наиболее эффективные PR-технологии, применяемые пресс-службой авиакомпании «Аэрофлот» при взаимодействии с целевой аудиторией и разработать рекомендации по оптимизации данной работы.

Объект исследования — пресс-служба авиакомпании «Аэрофлот».

Предметом исследования являются PR-технологии, их специфические свойства и принципы применения для продвижения организации в информационной среде.

Методами исследования послужили анализ, синтез, обобщение научного материала, мониторинг информационного пространства компании, социологический метод — анкетирование.

Анализ литературы:

PR-технологии — это комплекс инструментов, используемых в PR-деятельности, а также методов их внедрения и применения. Как отмечают Савченко Е.А. и Макарова Т.П., PR-технологии являются совокупностью «методов, приемов, средств, процедур реализации функций системы, направленных на повышение эффективности процесса и достижение желаемого результата» [4].

Шарков Ф.И. отмечает необходимость понимания природы PR-технологий, в том числе и их особенности в той или иной сфере применения [5].

В данном исследовании за основу взято определение пресс-службы, сформулированное Поповым В.Д.: пресс-служба — это структура, осуществляющая эффективную коммуникацию базисного субъекта PR с государственными институтами, со средствами массовой коммуникации и с институтами гражданского общества с целью долговременного и конструктивного сотрудничества [1].

К PR-технологиям, применяемым пресс-службой авиакомпании «Аэрофлот», относятся: работа с крупными национальными и региональными средствами массовой информации, проводит пресс-конференции, занимается организацией пресс-туров, публикует интервью и пресс-релизы.

Пресс-служба авиакомпании реализует коммуникационную стратегию, применяя разнообразные PR-инструменты. Пресс-центр «Аэрофлота» подготавливает материалы для СМИ, создающие благоприятный имидж компании среди нынешних и потенциальных потребителей, реализует различные акции и мероприятия с целью привлечения новых клиентов и повышения лояльности к бренду. Так, запущенная в 2004 году кампания под девизом «Искренне Ваш — Аэрофлот!» была направлена на поддержание положительного имиджа авиакомпании и привлечение внимания различных целевых аудиторий [3]. Спонсорство также применяется авиакомпанией — спонсорское участие в Олимпийских играх в Сочи в 2014 году, несомненно, является одной из PR-технологий.

Исследование:

Анализируя медиарейтинг авиакомпании «Аэрофлот — российские авиалинии», наблюдается высокий показатель упоминания в СМИ. Так, за 2023 год «Аэрофлот» упоминался в средствах массовой информации более 130 тысяч раз.

Весьма обсуждаемым инфоповодом стал пресс-релиз авиакомпании, в котором было о увеличении пассажироперевозок в 2023 г. на 15% по сравнению с предыдущим годом.

Продление «плоских тарифов», которые предполагают фиксированные цены билетов до Калининграда и городов Дальнего Востока, стали еще одним инфоповодом, который фигурировал в новостных сводках различных информационных агентств, а также получил отклик на официальных порталах «Аэрофлота» [2].

Стоит отметить, что ключевым аспектом деятельности пресс-службы авиакомпании является создание и поддержание образа безопасной инновационной и социально-ответственной компании с высоким качеством предоставляемых услуг.

Заключение:

Анализируя применение PR-технологий в работе пресс-службы авиакомпании, необходимо учитывать специфику деятельности организации. Пресс-служба активно

применяет разнообразные PR-технологии по продвижению имиджа авиакомпании «Аэрофлот». Особенностями этих технологий является их направленность на различные сегменты общественности: от средств массовой информации и органов государственной власти до широкой общественности.

Рекомендации. Для более эффективного информирования целевой аудитории хорошим решением может стать сосредоточение большего внимания на программах лояльности и имиджевом контенте авиакомпании, поскольку это позволит усилить позитивное влияние на восприятие авиакомпании уже являющихся и потенциальных клиентов в целом.

Список используемых источников:

1. Информационная политика: учебник / под ред. В. Д. Попова. М.: Изд-во РАГС, 2003. 459 с.
2. Официальный сайт авиационной компании «Аэрофлот — российские авиалинии». [Электронный ресурс]. Режим доступа: О компании | Аэрофлот (aeroflot.ru)
3. Родительская, Д. Р. PR-технологии в продвижении авиационного предприятия (на примере ПАО "Аэрофлот") / Д. Р. Родительская, А. В. Тараненко // Студенческая научно-практическая конференция в рамках "Недели науки" ФИЯ МАИ-НИУ, посвящённая 100-летию со дня рождения академика В.П. Мишина : Сборник докладов, Москва, 27–30 марта 2017 года / Ответственный редактор А.К. Каллиопин. Том Выпуск 11. — Москва: Издательство "Перо", 2017. — С. 342-348.
4. Савченко Е.А., Макарова Т.П. PR и PR-технологии: сущность, цели, задачи, функции // Образование. Наука. Научные кадры. 2019. №3.
5. Шарков Ф. И. Паблик рилейшнз: Учебник / Ф. И. Шарков. 5-е изд. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2013. 332 с.

Особенности использования PR-инструментов в текстах журнала «Крылья Родины» для привлечения целевой аудитории

Юнина Д.В.

Научный руководитель — доцент, к.фил.н. Тараненко А.В.

МАИ, Москва

Актуальность. Информационный повод является одним из главных и наиболее эффективных PR-инструментов привлечения целевой аудитории для любого канала СМИ. Особенно это касается специализированных СМИ, у которых она значительно меньше, чем у общественно-политических.

Журнал «Крылья Родины» является ежемесячным научно-популярным журналом для всех любителей авиации. Его целевая аудитория — это эксперты и профессионалы в авиационной отрасли, пилоты, авиаконструкторы и люди разных возрастов, которые интересуются авиационной тематикой. У журнала помимо официального сайта, где в открытом доступе размещены номера, начиная с 2013 года, есть странички в социальных сетях «ВКонтакте» и «Одноклассники», а также свой канал в «Telegram». Публикации в социальных сетях сопровождаются фотографиями, видео, виртуальными викторинами, ссылками на интервью и многим другим.

Цель работы — проанализировать информационные поводы материалов журнала «Крылья Родины» за период: январь – декабрь 2023 года.

Обзор. Исследованием информационных поводов занимались Ачилова Е.Л., Кондратская В.Л. [1], Восканян А.С. [2], Немец Г.Н. [3]. Однако ни одна из опубликованных работ не анализирует использования информационного повода как PR-инструмента в продвижении специализированного журнала «Крылья Родины» для привлечения целевой аудитории.

Новизна. Автором впервые была предпринята попытка исследовать содержание материалов специализированного журнала «Крылья Родины» за 2023 год и определить тематику информационных поводов в нем.

Исследование. Был проведен мониторинг материалов, опубликованных во номерах журнала с января по декабрь 2023 года.

Всего за 2023 год вышло 6 номеров журнала. Объем каждого номера в среднем оставлял 130 страниц. Количество материалов за весь 2023 год — 141. Основными жанрами являлись отчеты репортажи, интервью, журналистские расследования, обзоры, поздравления и другие. Все тексты были сопровождаемы иллюстративными материалами.

Главными информационными поводами, согласно результатам проведенного мониторинга, стали:

1) обзор авиационной техники («Реальный электромотор для «бумажного» самолета (еще раз о работах А.Г.Иосифьяна)», «Оставшийся в тени (об авиадвигателе М-12 конструкции А.Г.Ивченко) и т.д.);

2) развитие авиационной отрасли в стране («Основа развития авиации — инженерные и авиационные кадры (предложения в концепцию «Авиация России — 2050»)), «УЗГА: формируя облик будущего» и т.д.);

3) история отечественных ВВС («На передовых рубежах обороны страны. История 33-го Истребительного Авиационного Полка ПВО СССР и РФ (в/ч 80605)», «Дальневосточные воздушные стражи. Прославленный боевой путь» и т.д.);

4) деятельность предприятий авиационной промышленности («Русполимет» — двигателестроению», «НПФ «Техполиком» — профессионализм и инновации на благо авиации России» и т.д.);

5) великие люди авиации («Двигателестроитель мирового масштаба, Вячеславу Александровичу Богуслаеву — 85!», «Летчик, ветеран, герой России Егоров Петр Дмитриевич. Память жива... (к 110-летию со дня рождения Героя России П.Д.Егорова)» и т.д.);

6) проект «Как медведь полярным стал»;

7) специальные мероприятия, связанные с авиационной деятельностью («Отраслевой конкурс профессионального мастера 2023», «Лига стендового моделирования. Календарь мероприятий. Парад доблести и чести советской и российской армии в миниатюре» и т.д.);

8) юбилеи компаний авиационной отрасли («15 лет ОДК: новые вершины Российского двигателестроения», «К 70-летию Виктора Полякова» и т.д.);

9) цифровые технологии в авиации («Внедрение новых информационных технологий в авиационную фиксированную электросвязь Центров ОВД», «Цифровые технологии в авиации. Теория, практика, история» и т.д.);

10) расследования громких авиационных дел («В смертельный бой с врагом вступал ты между небом и землей. Возвращение из последнего боевого задания старшего лейтенанта Новосельцева из 428 ИАП 6 ИАК ПВО», «Кто ты, герой? Тайна неизвестного летчика, захороненного в Ожигово» и т.д.).

Выводы:

1. Тема авиации на сегодняшний день становится все более значимой для общества в связи с популяризацией данной отрасли среди населения страны.

2. Журнал «Крылья Родины» рассчитан на аудиторию разного возраста и образования.

3. Редакция журнала активно продвигает себя в социальных сетях, используя для этого такой PR-инструмент как информационный повод.

4. Основными информационными поводами журнала за 2023 год являются: информация о различных мероприятиях и выставках, отечественная история и достижения летчиков, деятельность ученых и передовые разработки в российском авиапроме.

5. Авторы материалов используют броские заголовки и иллюстрации для привлечения внимания читательской аудитории.

Рекомендации:

1) Увеличить число информационных поводов за счет новостей, посвященных развитию авиационной отрасли за рубежом;

2) Чаще использовать художественно-публицистические жанры;

3) Проводить больше постоянных проектов наподобие проекта «Как медведь полярным стал» и т.д.

Список используемых источников:

1. Ачилова Е.Л., Кондратская В.Л. Информационные поводы в крымских спортивных СМИ// Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. — №3. — 2022. — С. 136–145.
2. Восканян А.С. Беспорядки в Балтиморе как глобальный информационный повод// Форум молодых ученых. — №4(8). — 2017. — С. 182–188.
3. Немец Г.Н. Использование информационного повода как инструмента формирования имиджа города (на примере общественно-политической газеты «Прибой» (г. Геленджик))// Научный вестник Южного института менеджмента. — №4. — 2015. — С. 71–74.
4. Официальный сайт журнала «Крылья Родины» — Режим доступа: <https://kr-magazine.ru/>
Дата: обращения: 25.11.2023.

Организация коммуникативной деятельности государственной корпорации «Роскосмос» для развития имиджа в ходе международной выставки-форума «Россия»

Яковлева С.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Бубнов В.В.

МАИ, Москва

Актуальность данной темы выражается в новых формах представления Российской Федерации, предполагающих демонстрацию регионами своего потенциала как для граждан, так и для политических, коммерческих или иных организаций. Поддержание положительного имиджа государственной корпорации посредством участия «Роскосмоса» на выставке-форуме «Россия» является приоритетной задачей в условиях санкционного воздействия, учитывая динамическое продолжение процесса независимого развития компаний.

Цель. Произвести анализ коммуникативной PR-деятельности госкорпорации «Роскосмос» на выставке-форуме «Россия» как средства развития имиджа.

Обзор научной литературы. Проблема изучения коммуникативной деятельности в ходе выставок представлена в работах Герасименко В.В. и Симонова К.В. [1], Х.Н. Кушвахи и А.В. Тараненко [2].

Научная новизна. Научная новизна в анализе коммуникативной деятельности государственной корпорации «Роскосмос» в ходе проведения общенациональной выставки выявило современные подходы к имиджевой коммуникации.

Исследование. Выставка предоставляет возможность представителям некоммерческих и коммерческих компаний демонстрировать и продвигать свои товары и услуги, а также осуществлять маркетинговые исследования для изучения рыночной конъюнктуры.

Имидж — это целенаправленно формируемый образ, создаваемый компанией в глазах целевой аудитории. Имидж государства способствует формированию привлекательности такового и вызывает требуемое доверие со стороны граждан.

Проведем анализ коммуникаций государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос» в рамках международной выставки-форума «Россия».

Целью выставочной деятельности в данном случае является представление новой техники, демонстрация важнейших достижений в отрасли, информирование партнеров и поддержание положительного образа космической деятельности среди массовой общественности. Имиджевая составляющая выставки ориентирована на задачи органов государственной власти. Мероприятие, подчеркивающее значимость и авторитет корпорации, является частью имиджа государства.

Участие «Роскосмоса» в выставке-форуме «Россия» было масштабно представлено посредством различных информационных каналов, что сформировало образ «открытости» для граждан. Внушительный интерес у аудитории вызвала информация об экспозиции, размещенная на официальном сайте мероприятия, сопровождаемая основными сведениями о деятельности государственной корпорации. На сайте «Роскосмоса» событию уделено три ньюс-релиза с ноября по декабрь 2023 года, информационными поводами которых послужили

новые проекты и актуальные конференции. Особое внимание уделялось привлечению молодых ученых к совместным исследованиям, что помогает утвердить образ госкорпорации среди начинающих специалистов.

Стоит отметить, что воздействие на публичности как информационный повод повышения заинтересованности в космической деятельности является наиболее эффективным методом взаимодействия с аудиторией, улучшения имиджа компании. Участие «Роскосмоса» в выставке-форуме «Россия» активно упоминается среди таких СМИ, как ТАСС, «Российская газета», «Интерфакс», в том числе затрагивая вопросы как самостоятельных проектов госкорпорации, так и в рамках взаимодействия с иными предприятиями страны. Также, не была оставлена без внимания презентация проекта «Космос объединяет поколения Союзного государства», как элемент имиджевого воздействия на аудиторию дружественных государств.

В ходе исследования установлено, что участие в выставках способствует формированию положительного образа компании благодаря достигнутой прозрачности. Выставки служат платформой для образования и просвещения широкой аудитории о космических технологиях, продвигают имидж госкорпорации, что в совокупности может повысить общественное понимание и поддержку космических и государственных программ, являющихся приоритетным аспектом устойчивого развития космической отрасли.

Вывод и рекомендации. 1. Участие в выставке способствует повышению позитивного имиджа среди общественности, позволяет вызвать доверие к государственной деятельности.

2. Организация коммуникативной деятельности «Роскосмоса» строится на основе комплексного освещения деятельности компании на выставке в частности и корпорации в целом с привлечением различных информационных источников, что формирует необходимый образ среди целевой аудитории (в том числе молодежи, государственных органов власти и др.). Создание благоприятного имиджа государства стимулирует молодых ученых и специалистов из дружественных стран к участию в совместных проектах.

Список используемых источников:

1. Герасименко В.В., Симонов К.В. Выставочный маркетинг. Учебное пособие. — М.: Экономический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова — 2018. — 360 с.

2. Кушваха Х.Н., Тараненко А.В. Специальные мероприятия как инструмент эффективной коммуникации с аудиториями аэропортов. — Коммуникология. — 2018. — Т. 6, № 3. — С. 42–50. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35189863>. Дата обращения: 29.01.24.

Секция №9.7 Международные проблемы энергосбережения и повышения энергоэффективности

Исследование инновационного подхода к определению и формированию ценообразования в тарифах на тепловую энергию с учётом эффективности и стимулирования потребления

Бабич Б.П.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Пушкарева М.Б.

МАИ, Москва

На основе изучения зарубежного опыта и разработки механизмов стимулирования, предлагается внедрение инновационных подходов к формированию тарифов на тепловую энергию, которые учитывают не только объем потребления, но и его эффективность. Это позволит создать более справедливую и эффективную систему ценообразования в отрасли теплоснабжения. Одной из ключевых задач исследования будет аудит договорной нагрузки и фактического потребления тепловой энергии на объектах теплоснабжения. Выявление расхождений между договорной нагрузкой и реальным потреблением на уровне 30-40% позволит выявить проблемные зоны системы и разработать меры по их устранению. На основе результатов аудита будет предложен механизм стимулирования эффективного потребления тепловой энергии, который позволит более точно регулировать тарифы и поощрять потребителей к экономии энергии. Это также способствует повышению эффективности работы системы теплоснабжения и снижению потерь.

Потребление и производство тепловой энергии:

Анализ фактических, договорных и расчетных максимально-часовых тепловых нагрузок на коллекторах энергоисточников города Москвы за 10-летний период.

Анализ динамики производства и потребления тепловой энергии на территории города Москвы за 10-летний период.

Анализ динамики собственных нужд источников тепловой энергии и потерь в тепловых сетях.

Анализ структуры потребления тепловой энергии и её изменения на протяжении рассматриваемого периода по данным государственной статистики в общероссийском классификаторе видов экономической деятельности (ОКВЭД).

Анализ факторов, влияющих на изменение объемов и структуры теплопотребления в рассматриваемый период.

Исследование эластичности потребления тепловой энергии вновь вводимых объектов недвижимости от действующих норм проектирования и нормативов, принятых в городе Москве.

Исследование зависимости уровней потребления тепловой энергии от приоритетных целей и задач социально-экономической политики города Москвы в рассматриваемом временном промежутке. Исследование изменений структуры выработки (полезного отпуска) тепловой энергии, определение ключевых законодательных и экономических условий, обуславливающих рассмотренные изменения.

Оценка возможностей Правительства Москвы влиять на ключевые законодательные и экономические условия изменения структуры выработки тепловой энергии.

1. Внедрение инновационного подхода к определению ценообразования в тарифах на тепловую энергию в Москве позволит повысить эффективность системы теплоснабжения и стимулировать экономичное потребление энергоресурсов.

2. Исследование новых методов формирования цен на тепловую энергию позволит учесть как базовые затраты на производство и транспортировку тепла, так и параметры, отражающие эффективное и рациональное потребление энергоресурсов.

3. Внедрение инновационного подхода к ценообразованию учитывает факторы, способствующие сокращению энергопотребления, такие как модернизация систем отопления, установка счетчиков учета энергоресурсов и применение технологий энергосбережения.

4. Исследование и применение инновационных подходов к определению цен на тепловую энергию способствует улучшению качества жизни горожан, снижению нагрузки на окружающую среду и повышению энергоэффективности в городе Москва.

5. Реализация инновационного подхода к формированию ценообразования в тарифах на тепловую энергию требует комплексного подхода, с учетом интересов всех участников рынка и общественных потребностей города.

6. Анализ существующих максимальных тепловых нагрузок на ТЭЦ, договор заключенных на количество отпускаемой тепловой энергии, фактическое потребление и резервирование тепловой мощности на ТЭЦ.

Список используемых источников:

1. Российская Федерация. Федеральный закон. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»: принят государственной думой от 23.11.2009 № 261-ФЗ / Российская Федерация. Федеральный закон. — Москва: Кремль, 2009. — 67 с.;

2. Веселов Ф.В., Ерохина И.В., Макарова А.С., Хоршев А.А. Комплексная оценка эффективных масштабов обновления тепловых электростанций при обосновании рациональной структуры генерирующих мощностей на перспективу до 2035 г. / Теплоэнергетика. 2017. № 3. с. 5–14.

3. Борохов В. Рыночные механизмы стимулирования модернизации объектов генерации / ЭнергоРынок. 2017. № 2. С. 21–24.;

4. Суюнчев М.М. Репетюк С.В. Файн Б.И. Трегубова Е.А. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «РАНХиГС» Разработка подходов к формированию общего электроэнергетического рынка евразийского экономического союза (ЕАЭС) — Москва: 2020. — 60 с.

Возможности использования вторичных энергетических ресурсов на промышленных предприятиях

Гильд А.В.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Пушкарева М.Б.

МАИ, Москва

В современном мире вопрос энергетической безопасности становится все более актуальным. Основными источниками энергии до сих пор остаются нефть, газ и уголь, но с каждым днем становится все очевиднее необходимость поиска альтернативных источников энергии. В этом контексте особенно важным является изучение и использование вторичных энергетических ресурсов.

Многие люди даже не задумываются, что при реализации технологического процесса в любом производстве будут оставаться отходы, а если и задумаются, то самым верным решением будет просто выброс мусора. Но технологии шагнули вперед, появляются все новые и новые источники энергетики. И одним из таких ресурсов является, на удивление, отходы производства, проще говоря — излишки, которые образуются в процессе производства продукции. Где-то это газ, где-то излишнее давление, которые выходит из оборудования при эксплуатации, а где-то это просто тепло, отходящее от оборудования.

Большинство производств уже используют вторичные энергетические ресурсы и тем самым уменьшают затраты на сырье и увеличивают свою эффективность. Для обычных людей данный тип ресурсов может показаться обычным мусором, который проще сжечь, но сегодня, с развитием технологий производства и воспроизводства, данный тип энергии может вполне спокойно быть использованным на больших промышленных производствах, а также в городской инфраструктуре.

Вторичные энергетические ресурсы представляют собой источники энергии, полученные в результате переработки или использования уже имеющихся источников. Они могут быть как природными, так и синтетическими, и включают в себя такие виды энергоресурсов, как солнечная, ветровая, гидроэнергия, биомасса, геотермальная энергия, а также энергия, полученная в результате сжигания отходов.

Использование вторичных энергетических ресурсов позволяет снизить зависимость от традиционных источников, что способствует устойчивому развитию и сокращению негативного воздействия на окружающую среду. Благодаря постоянному улучшению технологий и повышению эффективности процессов переработки, вторичные энергетические ресурсы становятся все более привлекательными и конкурентоспособными на рынке энергетики.

Целью данного исследования является анализ возможностей и перспектив использования вторичных энергетических ресурсов для обеспечения энергетической безопасности и устойчивого развития. В рамках дипломной работы будет проведен обзор существующих видов вторичных энергетических ресурсов, оценка их потенциала и анализ проблем, препятствующих их широкому внедрению. Также будут предложены рекомендации по повышению эффективности использования этих ресурсов.

Изучение вторичных энергетических ресурсов является актуальной и перспективной темой, способствующей развитию новых технологий и повышению энергетической безопасности. Надеюсь, что результаты данного исследования будут полезными и интересными для всех, кто интересуется проблемами энергетики и устойчивого развития общества.

Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР) — ресурсы, полученные в виде отходов производства и потребления или побочных продуктов в результате осуществления технологического процесса или использования оборудования, функциональное назначение которого не связано с производством соответствующих видов энергетических ресурсов.

Технически, данный тип ресурсов является побочным. Стоит сказать, что вторичные энергетические ресурсы на данный момент играют не малую роль в жизни многих отраслей, ведь они постепенно снижают зависимость от постоянно растущих в цене природных видов энергетических ресурсов, таких, как уголь, природный газ. Также стоит уделить небольшую роль окружающей среде, если в прошлом ВЭР являлись обычными отходами производства, которые было проще утилизировать, но сейчас почти все виды излишек производства, при наличии правильных технологий производства, уже могут быть использованы в виде нового энергетического ресурса. И если предприятие обладает достаточно развитыми технологиями и достаточным бюджет для введения использования данного типа топлива, то она может полностью или частично использовать ВЭР для нужд производства, как в основных цехах, так и для обеспечения нужд рабочих как на самом предприятии, так и за его пределами.

Многие люди думают, что вторичные энергетические ресурсы обычные отходы, которые проще выбросить и никак его не реализовывать, но на данный момент многие компании используют данный вид топлива. Многие обыватели могут выдвинуть теорию, что данный мероприятия реализуются только западными компаниями под программой их «зеленой политики» и под предлогом защиты окружающей среды, но как можно заметить по графикам вторичное энергетическое топливо используется повсеместно не только на Западе, но и в России и даже во многих государствах СНГ.

Список используемых источников:

1. Современная энергетика / П. Е. Матковский, С. М. Алдошин, В. Н. Троицкий [и др.] // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. — 2007. Савилов А. В., Петрушкин А. А. «Возможность применения альтернативных источников солнечной энергии при проектировании многоквартирных домов в центральном регионе России» 2019 г.
2. Савилов, А. В. Возможность применения альтернативных источников солнечной энергии при проектировании многоквартирных домов в центральном регионе России / А. В. Савилов, А. А. Петрушкин. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2018.
3. Бейсенов, К. С. Проблемы и перспективы развития электроэнергетики в современных условиях / К. С. Бейсенов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2017.

Зарубежный опыт внедрения энергосберегающих технологий на предприятиях машиностроительной отрасли

Козловцев С.А.

Научный руководитель — доцент, к.п.н. Неверова Н.В.

МАИ, Москва

Энергосбережение на предприятиях машиностроительной отрасли сегодня является ключевым аспектом устойчивого развития. Зарубежный опыт внедрения энергосберегающих технологий обладает значительным потенциалом для сокращения затрат и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Основной целью нашего исследования является анализ успешных практик внедрения энергосберегающих технологий на предприятиях машиностроительной отрасли за рубежом. Мы стремимся выявить ключевые факторы успеха и адаптировать их для локальных условий.

Исследования таких выдающихся зарубежных ученых, как Аравена К., Дюран Е., Толландер П. предоставляют обширную информацию по внедрению энергосберегающих технологий. Изучение зарубежного опыта позволяет выделить передовые методы и технологии.

На сегодняшний день на развитие промышленности все большее влияние начинают оказывать технологии цифровизации производства. По мнению большинства ученых эти изменения ознаменовали собой Четвертую промышленную революцию [1]. Можно с уверенностью сказать, что цифровая трансформация может стать ключевым механизмом комплексной экономии энергии на предприятиях.

В исследованиях по этой теме выделяют различные ключевые технологии, которые оказывают значительное влияние на промышленность [4]. Рассмотрим технологии, которые могут оказать существенное воздействие на энергосбережение предприятий.

Стремление к обеспечению автоматизированного взаимодействия между машинами, минуя человеческое вмешательство, привело к появлению промышленного интернета вещей, известного как IIoT (Industrial Internet of Things) [3]. Промышленный интернет вещей — это многоуровневая система, принцип действия которой заключается в системном взаимодействии датчиков, исполнительных механизмов, контроллеров и собранной информации. IIoT может влиять на процесс энергосбережения разными способами:

Датчики и устройства IIoT позволяют непрерывно отслеживать энергопотребление различного оборудования в реальном времени. Анализ этих данных помогает эффективно оптимизировать использование энергии.

IIoT способствует выявлению потенциальных проблем и отказов в работе оборудования. Это позволяет оперативно реагировать на неисправности и предотвращать потери энергии, связанные с неэффективной работой.

IIoT дает возможность анализировать данные о предприятии в реальном времени и прогнозировать пиковые нагрузки. Это позволяет эффективно распределять нагрузку и избегать избыточного потребления энергии.

Таким образом, промышленный интернет вещей является ключевой технологией для мониторинга и оптимизации энергопотребления.

Еще одной важной энергосберегающей технологией в цифровой трансформации могут быть выделены Цифровые двойники (Digital Twins).

Цифровой двойник представляет собой виртуальное представление реального объекта, процесса или системы. Это цифровое отражение позволяет исследовать, анализировать и моделировать физический объект в реальном времени.

Digital Twin используется для оптимизации производственных процессов, прогнозирования отказов оборудования и управления ресурсами. Он также может служить платформой для тестирования различных сценариев и оптимизации работы объекта.

Цифровые двойники находят применение в различных отраслях, включая производство, энергетику, здравоохранение, транспорт и другие. Например, в машиностроительной отрасли цифровые двойники могут помогать в планировании производственных циклов и оптимизации линий сборки.

Основными проблемами на этапе внедрения энергосберегающих технологий в условиях российской экономики могут стать:

- Высокие начальные затраты, вероятность которых является существенным барьером для малых и средних предприятий. Особенно при установленных высоких процентных ставках для заемных средств.
- Неопределенность возврата инвестиций, с которой компании могут столкнуться на этапе расчета возврата денежных средств, потраченных на внедрение энергосберегающих технологий.

Перспективы решения проблем включают в себя разработку новых методов финансирования, поддержку государственных инициатив и укрепление взаимодействия с бизнес-сообществом.

В заключении, внедрение энергосберегающих технологий на предприятиях машиностроительной отрасли сталкивается с рядом вызовов, включая высокие начальные затраты, технологические проблемы и неопределенность возврата инвестиций. Тем не менее, успешные зарубежные практики, такие как оптимизация производственных процессов и внедрение передовых технологий, свидетельствуют о потенциале энергосбережения для снижения затрат и повышения устойчивости предприятий.

Внедрение энергосберегающих технологий на предприятиях машиностроительной отрасли в России также сталкивается с вызовами [2]. В данном контексте, важно обратить внимание на потенциал страны в области развития энергосберегающих и инновационных технологий. Внедрение энергосберегающих технологий способствует снижению затрат, увеличению эффективности и поддерживает стратегию устойчивого развития машиностроительной отрасли.

Список используемых источников:

1. Голов Р.С., Мильник В.В., Паламарчук А.Г. «Индустрия 5.0» как основа развития высокотехнологичной промышленности / Р.С. Голов, В.В. Мильник, А.Г. Паламарчук // Экономика и управление в машиностроении. 2018. № 6. С. 8–11;
2. Козловцев С.А., Мишучков В.И. «Снижение энергоемкости российской экономики. Потенциал аэрокосмической отрасли» / Козловцев С.А., Мишучков В.И. // Тезисы в сборнике трудов всероссийской студенческой научно-практической конференции в рамках Аэрокосмической декады. 2021. С. 73–75;
3. Перспективы развития «Интернета вещей» в России / РwC. –2017 [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://media.rbcdn.ru/media/reports/PwC_Internet-of-Things_Rus.pdf (дата обращения: 05.02.2024);
4. Шваб К. Технологии четвертой промышленной революции. М.: Эксмо, 2018. 320 с.

Интеллектуальные энергетические системы

Коновалов К.С.

Научный руководитель — Лаврова Л.А.

МАИ, Москва

Назначение интеллектуальных систем.

Интеллектуальная энергетика и интеллектуальные энергетические системы (ИЭС) становятся сегодня неотъемлемой частью современного информационного общества, в котором основными факторами производства являются интеллектуальный капитал, знания и информация. В настоящее время в большинстве развитых стран мира, а также в РФ активно разрабатываются интеллектуальные технологии и промышленно выпускаются отдельные компоненты и решения, необходимые для создания надежных, безопасных и эффективных ИЭС.

Эволюция в области энергетики идет семимильными шагами. Есть все более надежные и эффективные методы создания возобновляемой энергии. По этой причине в этой курсовой работе речь пойдет об умных энергосистемах.

Эти сети также известны под своим английским названием Smart Grid. Их работа основана на эффективной интеграции действий, которые хотят выполнять все его пользователи. То есть они пытаются создать устойчивую и эффективную энергетическую систему.

Энергетическая система на базе концепции Smart Grid является единым энергоинформационным комплексом, где управляемые объекты должны позволять осуществлять дистанционное управление, а системы оценивания ситуации и противоаварийной автоматики — снижать избыточные требования к резервам силовых и информационных мощностей.

Их основная цель — добиться очень низких потерь, очень высокого качества и безопасности в электроснабжении.

Это очень важная сфера деятельности, потому что текущая панорама предсказывает, что в течение нескольких лет необходимо будет внести серьезные изменения в электросеть. Цель состоит в том, чтобы обезуглероженная электрическая система была безопасной.

Таким образом можно будет удовлетворить потребности, связанные с электромобилями и использованием зеленой энергии. В противном случае будет сложно получить максимальную отдачу от этих новых игроков в нынешнем энергетическом контексте.

Основные характеристики данных сетей:

Первая — это эффективное согласование спроса и предложения. Благодаря этому типу сети можно будет в режиме реального времени рассчитать, какова потребность в электроэнергии, чтобы производить только то, что будет использоваться.

Ясно, что это снизит углеродный след до исторического минимума и максимизирует производство энергии.

Вторая — двунаправленность. Другими словами, этот канал будет идти от завода по производству энергии к домам, но также и от домов к фабрике.

Это может быть очень выгодно, поскольку те потребители, у которых, например, есть солнечные панели в своем доме, могут отправлять свои излишки энергетическим компаниям, чтобы они могли отправлять их в общую электрическую сеть. И все это получение выгоды.

Третья — экономичность. Эта характеристика заключается в том, что это позволит значительно сэкономить. Если цифровая трансформация электросети будет проведена и применена правильно, к 2025 году она может привести к экономии 1,2 трлн евро. А также увеличение рентабельности сетей от 20 до 30%.

Учитывая новые потребности в энергии, возникающие у потребителей, этот прогресс в энергетических сетях имеет важное значение. Фактически, в России, как и Европе уже есть места, где эти системы пытаются ввести в действие.

Компания Audi начала пилотный проект в Ингольштадте, очень интересном районе Цюриха в Швейцарии. Эта компания и другие партнеры пытаются объединить фотоэлектрические системы питания со стационарными батареями, расположенными в домах.

Таким образом создается интеллектуальная энергетическая сеть, состоящая из солнечной энергии дома и электромобиля. Следовательно, можно было бы сбалансировать колебания между производством энергии и ее потреблением.

Эта система будет соединять солнечную энергию, хранилище, электросеть и электромобиль. Конечным результатом будет создание виртуальной электростанции, идеально способной уравнивать колебания между выработкой и потреблением электроэнергии.

В дополнение, конечно, к стабилизации частоты сети, когда она сохраняет указанную мощность. Таким образом, нет никаких сомнений в том, что энергетическая революция идет все более твердыми темпами.

Новые системы и экологическая безотлагательность делают эти решения все более и более необходимыми. Этому также способствует работа крупных компаний по созданию интеллектуальных энергетических сетей.

Применение технологий в интеллектуальных энергосистемах обещает принести пользу потребителям электроэнергии. Почему? За счет более эффективного использования активов

электрической системы можно безопасно удовлетворить потребности потребителей в энергии. И это с меньшими экономическими и экологическими издержками.

Список используемых источников:

1. Концепция интеллектуальной электроэнергетической системы России с активно-адаптивной сетью / Р.Н. Бердников, В.В. Бушуев, С.Н. Васильев и др.; под ред. акад. РАН В.Е. Фортова и А.А. Макарова. — М.: ФСК ЕЭС, 2019. — 236 с.
2. Федоров М.П., Окоороков В.Р., Окоороков Р.В. Энергетические технологии и мировое экономическое развитие: прошлое, настоящее, будущее. — СПб.: Наука, 2019. — 412 с.
3. Кобец Б. Б., Волкова И. О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid. — М.: ИАЦ Энергия, 2019. — 208 с.
4. ПАО «Россети» Режим доступа URL: www.rosseti.ru

Цифровизация промышленных предприятий в целях повышения эффективности

Королева А.А.

Научный руководитель — доцент, Пушкарёва М.Б.

МАИ, Москва

Цифровизация промышленности — это процесс внедрения цифровых технологий, таких как интернет вещей, искусственный интеллект, автоматизация и другие, в промышленные производства и предприятия. Оптимизация процессов, повышение производительности и сокращение затрат — вот основные преимущества цифровизации для промышленных предприятий. Благодаря анализу больших данных, автоматизации процессов и использованию Интернета вещей компании могут эффективно управлять потреблением энергии, повысить качество продукции и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

При внедрении цифровых технологий на промышленных предприятиях возникают ряд вызовов и препятствий. Одним из главных является необходимость значительных инвестиций в обновление оборудования и программного обеспечения, что может быть непосильно для малых и средних предприятий. Кроме того, часто возникают сложности с переобучением персонала, так как новые цифровые системы требуют специальных знаний и навыков. Нередко сталкиваются с проблемой кибербезопасности — угроза хакерских атак на цифровые системы может серьезно повредить производственный процесс. Также важным вызовом является необходимость изменения корпоративной культуры и бизнес-процессов для успешной адаптации к новым цифровым решениям. Все эти факторы требуют комплексного подхода и грамотного управления процессом цифровизации на промышленном предприятии.

Для успешной реализации цифровизации на промышленном предприятии следует следовать нескольким важным рекомендациям. Во-первых, необходимо провести тщательный анализ текущих процессов и определить ключевые области, которые могут быть улучшены с помощью цифровых технологий. Затем стоит разработать четкий план внедрения цифровых решений, учитывая специфику предприятия и его потребностей.

Далее важно обеспечить поддержку со стороны руководства и создать команду профессионалов, ответственных за внедрение цифровых инноваций. Также необходимо обеспечить обучение сотрудников новым технологиям и системам для успешной адаптации к изменениям.

Список используемых источников:

1. Растегаева Ф.С., Нафикова Р.Р. Цифровизация системы внутреннего контроля // Креативная экономика. — 2022. — Том 16. — № 9. — С. 3529–3542
2. Лагута В.С., Калининченко С.В. Индустриализация на основе роботизации: варианты постановки задачи создания (внедрения) технической системы // Вопросы инновационной экономики. — 2022. — Том 12. — № 3. — С. 1315–1324
3. International Journal of Energy Economics and Policy ISSN: 2146-4553 available at <http://www.econjournals.com> International Journal of Energy Economics and Policy, 2020, 10(3), 456–464.

Теоретические аспекты функционирования системы управления энергопотреблением авиационного комплекса

Михерева Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.э.н. Пушкарева М.Б.

МАИ, Москва

В современном мире авиационная индустрия неизменно стремится к постоянному развитию и совершенствованию. Она нуждается в непрерывном внедрении новых технологий и инновационных решений, которые позволят повысить качество и эффективность производства, особенно в области энергопотребления.

Для обеспечения бесперебойного функционирования авиационных комплексов потребляется большое количество энергетических ресурсов, что приводит к необходимости решения проблемы оптимизации затрат на энергопотребление.

Современные системы управления энергопотреблением представляют собой комплексное оборудование, объединяющее в себе системы мониторинга, передачи и анализа данных, системы диспетчеризации.

Стоит учитывать, что энергетическая система авиационного комплекса охватывает средства инженерно-авиационного и аэродромно-технического обеспечения, а также средства управления (наземные и бортовые), поэтому при осуществлении любых энергосберегающих мероприятий должны сохраняться её высокие надежность и безопасность.

Таким образом, основными функциями системы управления энергопотреблением авиационных комплексов являются:

- 1) расчет оптимальных параметров энергопотребления;
- 2) управление состоянием и анализ неисправностей;
- 3) обеспечение отказоустойчивости, безопасности и надежности энергетической системы.

Применение систем управления энергопотреблением позволит сделать важный шаг в направлении устойчивого развития авиации. Это инновационное техническое оснащение позволит эффективно контролировать и регулировать потребление энергии, существенно оптимизируя производственные процессы и снижая затраты на обслуживание авиационных комплексов.

Список используемых источников:

1. Климаш Владимир Степанович, Соколовский Михаил Александрович Система управления и контроля энергопотребления // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2018. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-upravleniya-i-kontrolya-energopotrebleniya> (дата обращения: 26.02.2024).

2. Минин Петр Евгеньевич, Конев Владимир Николаевич, Сычев Николай Владимирович, Крымов Антон Сергеевич, Савчук Андрей Викторович, Андрияков Дмитрий Александрович Анализ существующих автоматизированных систем управления технологическим процессом // Спецтехника и связь. 2014. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-suschestvuyuschih-avtomatizirovannyh-sistem-upravleniya-tehnologicheskim-protssessom> (дата обращения: 26.02.2024).

3. Плахов Дмитрий Алексеевич, Марасанов Павел Олегович, Жмуров Борис Владимирович Особенности проектирования интеллектуальной энергосистемы аэропорта // Научный вестник МГТУ ГА. 2012. №185.

Международные тренды в энергомоделировании зданий в целях повышения энергоэффективности

Пушкарев М.Д.

Научный руководитель — доцент, к.б.н. Шейпак О.А.

МАИ, Москва

Применение инструментов цифровизации на этапе проектирования зданий существенно повышает эксплуатационные характеристики здания, делают его более комфортным для пользователей и увеличивает срок эксплуатации. Энергомоделирование зданий помогает

девелоперам снизить расходы (CAPEX до 17%, OPEX — до 37%), кроме того, делают объект экологически более безопасным, например, с их помощью можно снизить выбросы CO₂ на 30%. Преимущества технологий энергомоделирования BEM (Building Energy Modeling) привлекают специалистов во всем мире, в связи с чем и я хотел бы рассмотреть международные тренды в развитии энергомоделирования зданий.

Стремление к нулевому количеству выбросов углекислого газа и целевые показатели энергоэффективности во многих европейских странах открывают самые большие возможности для рынка энергомоделирования. Высокое потребление энергии, особенно из-за нагревательных приборов, освещения и других электрических и механических устройств, заставило сектор гражданского строительства уделять особое внимание экономии энергии. В частности, при подготовке к зимнему периоду управляющие компании уделяют особое внимание технологиям, которые помогают снизить затраты на электроэнергию за счет мониторинга тенденций потребления и его оптимизации.

Одним из драйвером развития данной технологии на европейском рынке является компания Schneider Electric, мировой лидер в области цифровых технологий, которая в январе 2021 года представила на выставке CES панель оператора нового поколения для жилищного сектора. Инновационный продукт способен контролировать все энергетические потребности подключенных электрических устройств, создавая для владельцев устойчивый умный дом.

Таким образом, ожидается, что подобные разработки будут стимулировать рынок гражданского строительства в европейском регионе. Благодаря внедрению технологии энергомоделирования можно будет уменьшить затраты на обслуживание и эксплуатацию зданий на 66 %.

Еще одним перспективным направлением для внедрения и развития энергомоделирования является здравоохранение. Системы управления энергопотреблением в здравоохранении предназначены для того, чтобы помочь больницам и другим медицинским учреждениям оптимизировать потребление энергии, обеспечивая при этом высочайший и стабильный уровень ухода за пациентами. Чтобы обеспечить их эффективную работу, HEMS может контролировать основные системы здания, включая отопление, вентиляцию, кондиционирование воздуха, освещение, медицинское оборудование и другие энергоемкие процессы.

Например, в последние годы немецкая система здравоохранения претерпевает цифровую трансформацию. Хотя в Германии не существует специального регулирования систем энергоменеджмента в медицинских учреждениях, страна реализует проекты по энергоэффективности в здравоохранении в рамках своих климатических целей. Правительство Германии поставило цель сократить выбросы парниковых газов на 55% к 2030 году и стать углеродно-нейтральной к 2045 году, и ожидается, что медицинские учреждения сыграют свою роль в достижении этих целей.

Одним из примеров инициативы в этой области является программа «Зеленая больница». В нем представлены стандартные требования и предложения для больниц по повышению энергоэффективности и экологической устойчивости. Немецкое энергетическое агентство DENA также запустило проект по разработке и внедрению систем управления энергопотреблением в медицинских учреждениях под названием «Сети энергоэффективности в здравоохранении».

Кроме того, в Германии были проведены исследования и инициативы по управлению энергопотреблением в больницах. Некоторые ключевые моменты были сосредоточены на сравнительном анализе, энергоэффективности и устойчивости. Например, в исследовании под названием «Оценка энергопотребления в немецких больницах» изучалось использование сравнительного анализа в больницах для сравнения энергопотребления и выявления возможностей для улучшения. Другие инициативы были сосредоточены на использовании интеллектуальных технологий для распределения энергии и прогнозирования нагрузки для повышения энергоэффективности. Кроме того, были предприняты усилия по интеграции принципов устойчивого развития в проекты проектирования и реконструкции больниц.

Также необходимо отметить то, что в России энергомоделирование как направление только начинает развиваться. Однако уже сейчас можно оценить положительную динамику развития данной технологии: происходит трансформация в области создания моделей и их обязательного использования при строительстве объектов гражданской инфраструктуры, создания собственных инструментов для проектирования таких как nanoCAD, КОМПАС-3D, Renga.

Список используемых источников:

1. Ежегодный отчет АНО «НИИУРС» за 2022 год
2. Пушкарёв М.Д. Энергомоделирование как инструмент повышения энергоэффективности активов компании / М. Д. Пушкарёв // Сборник тезисов всероссийской научно-практической конференции «УПРАВЛЕНИЕ АКТИВАМИ — 2022», 2023. — С. 195–196. — EDN IADOFS.
3. Пушкарёв, М. Д. Использование технологий энергетического сервиса в условиях четвертого энергоперехода / М. Д. Пушкарёв // Экономика и управление в машиностроении. — 2022. — № 4. — С. 23–27. — EDN LADKCI.
4. Пушкарёв, М. Д. Потенциал цифровых бизнес-моделей в условиях энергоперехода / М. Д. Пушкарёв, Н. Г. Ляпустина // Гагаринские чтения — 2022 : Сборник тезисов работ международной молодёжной научной конференции XLVIII, Москва, 12–15 апреля 2022 года. — Москва: Издательство «Перо», 2022. — С. 795. — EDN PTJZBN.

Роль альтернативной энергетики и возобновляемых источников энергии в концепции четвёртого энергетического перехода

Пьянов З.М.

Научный руководитель — профессор, д.э.н. Ковальчук Ю.А.

МАИ, Москва

Начавшийся в мире четвертый энергопереход — это переход к более устойчивой, чистой и эффективной энергетической системе, основанной на использовании возобновляемых источников энергии и интеллектуальных технологиях. Это становится особенно актуальным в современном мире, где проблемы изменения климата, истощение ресурсов и повышение затрат на энергию становятся все более острой проблемой. Основными его элементами принято считать декарбонизацию, децентрализацию и цифровизацию, известная также как концепция «3D» (Decarbonization, Decentralization, Digitalization). В целом, декарбонизация, децентрализация и цифровизация являются ключевыми факторами для достижения целей четвертого энергоперехода. Они позволяют использовать энергию более эффективно, снижать затраты и уменьшать нагрузку на окружающую среду. Концепция «3D» является ключевой тенденцией развития энергетического сектора, которая направлена на увеличение энергоэффективности и использование возобновляемых источников энергии. Однако, эта тенденция реализуется в значительной степени благодаря использованию энергосберегающих технологий. В концепции четвертого энергетического перехода (4ЭП), представляющую собой идею глубокого и комплексного изменения энергетической системы для достижения устойчивости, экологичности и эффективности, возобновляемые источники энергии (ВИЭ) занимают центральное место, играя ключевую роль в создании устойчивой энергетической системы [1]. Давайте рассмотрим роль ВИЭ в контексте четвертого энергетического перехода. Целью 4ЭП является декарбонизация энергетической системы, сокращение выбросов парниковых газов и борьба с изменением климата. ВИЭ, такие как солнечная и ветровая энергия, предоставляют возможность производства электроэнергии без выбросов углерода. Развитие возобновляемых источников энергии способствует электрификации различных секторов экономики, таких как транспорт и отопление. Умные сети, совмещенные с ВИЭ, обеспечивают более эффективное распределение и использование энергии. Возобновляемые источники энергии поддерживают децентрализацию системы, позволяя создавать микросети и обеспечивать энергетическую независимость. Это особенно актуально в отдаленных и недоступных районах. Развитие сектора возобновляемой энергии способствует

формированию новых рынков и созданию рабочих мест. Инвестиции в инновации и технологии ВИЭ способствуют стимулированию экономики и созданию конкурентоспособных отраслей. Текущие вызовы, связанные с изменением климата и истощением традиционных энергетических ресурсов [2], подчеркивают необходимость активного перехода к устойчивым источникам энергии. В этом контексте, возобновляемые источники, такие как солнечная, ветровая и гидроэнергетика, играют ключевую роль в диверсификации энергетического портфеля и снижении зависимости от источников, вредных для окружающей среды.

Список используемых источников:

1. Баринова В.А., Ланьшина Т.А. Особенности развития возобновляемых источников энергии в России и в мире // Российское предпринимательство. — 2016. — Том 17. — с. 259–270.
2. Официальный сайт Международного Энергетического Агентства. / [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <https://www.iea.org> (дата обращения: 20.02.2024).

Автономные энергоустановки и системы. Расчёт системы энергоснабжения автономного объекта на территории ДФО

Рубанова А.И.

Научный руководитель — профессор, д.э.н. Ковальчук Ю.А.
МАИ, Москва

Целью данной работы является проведение оценки развития энергетического потенциала Дальневосточного Федерального Округа (ДФО) путем исследования сырьевой и минерально-ресурсной базы, а также анализ технических характеристик энергетического оборудования и его показателей мощностей, расположенных в границах локации для возможности выработки и использования собственной энергии.

В качестве объекта исследования было выбрано тепличное хозяйство, расположенное в селе Правда на западном побережье острова Сахалин.

Ввиду того, что локация островной части ДФО обладает характерными особенностями, то необходимо учитывать имеющиеся усредненные показатели температуры. Согласно этим данным, усредненная температура самого холодного месяца (февраля) в году составляет -14°C , а усреднённая температура самого теплого месяца (августа) не превышает $+16,5^{\circ}\text{C}$. Данные температурные условия вносят существенные ограничения в сельскохозяйственную деятельность, что делает локации населенных пунктов и остров в целом зависимыми от импортируемых продуктов питания.

Для Округа характерно постоянное увеличение стоимости тарифов на энергоносители и тепло, а также высокая себестоимость технологического присоединения к имеющимся электросетям или невозможность такого присоединения. Высокая удельная стоимость энергоносителей, заложенная в итоговой стоимости сельскохозяйственной продукции обуславливает развитие и внедрение новых энергоэффективных методов собственной генерации энергии на примере тепличных хозяйств, что позволяет добиться существенного снижения себестоимости продукции и соответствующего увеличения их рентабельности. В данном случае одним из ключевых параметров, обуславливающих экономическую целесообразность и эффективность строительства собственных автономных энергоцентров для тепличных комплексов, становится рост тарифов на электроэнергию в энергосистеме, который по уровню и темпам опережает рост оптовых цен на газ, используемый в качестве основного топлива в генераторных установках. Тепличный комплекс характеризуется относительно равномерным электропотреблением на освещение и неравномерным потреблением энергии на отопление и кондиционирование в зависимости от сезона.

Остров Сахалин обладает значительным ветровым потенциалом, следовательно, разрабатывая систему автономного энергоснабжения, в первую очередь стоит обратить внимание именно на возможность установки ветроэлектростанции (ВЭС). Ветроэлектростанции преобразовывают энергию ветра в электрическую энергию. ВЭС — это несколько ветроэлектростанций (ВЭУ), объединенных в сеть. Места установки ветряков

выбираются на основе предварительно проведенных ветроизмерений. Мощность ветрогенератора зависит от скорости ветрового потока, диаметра ротора и площади лопастей.

Предполагается, что электроснабжение теплицы будет обеспечиваться ветрогенераторами. Избыток электроэнергии может быть использован частично для термоэлектрического нагрева воды в баках-накопителях или для охлаждения путем кондиционирования, частично запастись в виде водорода, произведенного с помощью электролизеров воды.

В условиях генерации избыточной электрической мощности в ВЭУ (при наличии сильного ветра и малой требуемой мощности теплоснабжения в летний период) избыток электрической мощности подается в электролизную установку (ЭУ) для генерации водорода и пополнения хранилища. В период нехватки электрической мощности (безветренная погода) запасенный в хранилище водород направляется в топливный элемент (ТЭ) с целью генерации недостающей электрической мощности для осуществления бесперебойного электроснабжения тепличного комплекса.

Для проведения количественной оценки эффективности установок ВЭУ была взята ветроэнергетическая установка L100 мощностью 2,5 МВт. ВЭУ Lagerwey — современная и наиболее перспективная технология ВЭУ с прямым приводом (без редуктора). Затраты на обслуживание ВЭУ с прямым приводом минимальны по сравнению с аналогичными затратами для других типов ВЭУ.

Показатели оборудования ВЭУ полностью покрывают энергетические потребности комплекса. В результате было определено, что для обеспечения равномерного количества произведенной и потраченной для восполнения дефицита электроэнергии в виде водорода, необходимо установить ветроэнергетических установок в количестве 6 штук.

Особенностью энергосистемы на основе ВЭУ является отсутствие постоянных затрат на топливо при крупных первоначальных вложениях. Основными и наиболее дорогими компонентами, входящими в состав системы для обеспечения энергией тепличного комплекса, являются:

- ВЭУ L100 2,5 МВт;
- ТЭ мощностью 8000 кВт*ч;
- ЭУ производительностью 41 кг водорода в час.

В результате исследования рассчитана система автономного энергоснабжения на основе парка ветроэнергетических установок и водородным накоплением энергии без использования импортного или местного топлива. Установлено, что местность ДФО обладает значительным потенциалом для использования энергии ветра, способной обеспечить объект со значительным энергопотреблением.

Список используемых источников:

1. Ветрогенератор Росатома [Электронный ресурс] — URL : <https://spec.tass.ru/windenergy/sila-rossiyskogo-vetra>;
2. Развитие в ДФО «зеленой» энергетики [Электронный ресурс] — URL : <https://finance.rambler.ru/business/52192169-kak-v-dfo-razvivaetsya-zelenaya-energetika/>;
3. Возобновляемая энергетика [Электронный ресурс] — URL : <https://rao-esv.ru/activity/renewable-energy/>;
4. Характеристики Lagerwey L100 2,5 МВт [Электронный ресурс] — URL : <https://en.wind-turbine-models.com/turbines/638-lagerwey-l100-2.5-mw>.

Технология подачи теплоты к авиационной технике с использованием альтернативных источников энергии

Сапунов Д.М., Шевченко В.С.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Шевцов С.А.

ВУНЦ ВВС «ВВА», Воронеж

Значимость арктической зоны для Российской Федерации, как в экономической сфере, так и в сфере деятельности Вооруженных Сил, сложно переоценить [1].

Активное использование арктической зоны России значительно осложняется суровостью ее климата. Эксплуатация вооружения и военной техники в частности летательных аппаратов

(ЛА) сильно затрудняется условиями экстремально низких температур. Особенно страдает эффективность технической эксплуатации в виду того, что обслуживание, диагностика и ремонт ЛА занимают достаточно большое количество времени в сравнении с более южными регионами. Это объясняется отсутствием или ограниченным наличием такой важной составляющей в условиях низких температур как тепло.

Для генерации и подвода теплоты к авиационной технике (АТ) применяют средства наземного обслуживания общего применения, такие как передвижные и самоходные подогреватели [2], которые в условиях низких температур имеют несколько недостатков и в принципе исчерпали возможности технического совершенствования без полного изменения конструкции с использованием инновационных технологий.

В этой связи предлагается технология генерации и подвода теплоты к АТ за счет использования геотермальной энергии Земли [3].

Основополагающим устройством для реализации предлагаемой технологии, позволяющим повышать потенциал геотермальной энергии и подводить тепло к АТ, является парокompрессионная тепловая установка.

Парокompрессионная тепловая установка состоит из испарителя, терморегулятора, компрессора, конденсатора.

В качестве рабочего тела тепловой установки используется Хладон R245fa — газ. Основные технические характеристики рабочего тела, а именно температуры кипения и конденсации, позволяют вести термодинамический цикл тепловой установки при низких температурах районов крайнего Севера для выработки тепловой энергии.

Работа тепловой установки заключается в том, что рабочее тело в компрессоре сжимается до давления конденсации и направляется в конденсатор. Конденсация хладона сопровождается выделением тепла, которое передается воздуху через разделительную стенку сред в конденсаторе. Затем нагретый воздух направляется в линию циркуляции «горячего» воздуха с помощью вентилятора откуда попадает в трубопровод горячего воздуха, откуда по мере необходимости отбирается и подается к АТ.

Воздух, подводимый к АТ, может быть нагрет до 120 °С. При этой температуре нагрева воздуха будет зависеть от величины воздействия компрессора на рабочее тело тепловой установки. Подвод теплоты к конкретному месту АТ позволяют осуществить съемные рукава, которые подключаются к оборудованным местам трубопровода горячего воздуха. Холодный воздух после трубопровода горячего воздуха возвращается в конденсатор тепловой установки для очередного подогрева до заданной температуры.

Давление рабочего тела после конденсатора тепловой установки снижается с помощью терморегулятора и направляется в испаритель. Там происходит процесс кипения рабочего тела, что сопровождается поглощением тепла от промежуточной жидкости хладонотом через разделительную стенку сред в испарителе. Промежуточной жидкостью может служить любая жидкость температурой замерзания ниже, чем минимальная температура окружающей среды, например, распространённый Тосол А-65. Его температура замерзания ниже минус 65 °С.

Для отбора геотермальной тепловой энергии из недр Земли осуществляется заглубление замкнутой линии циркуляции промежуточной жидкости, в нижней точке которой на глубине около 100-200 м располагается теплообменник. Задача теплообменника использовать геотермальную энергию земли, за счет обмена температурным потенциалом между промежуточной жидкостью и теплотой земли, находящуюся намного ниже слоев вечной мерзлоты.

Промежуточная жидкость, забирая тепло от толщи Земли, перекачивается насосом в испаритель тепловой установки. Там тепло передается рабочему телу, которое переходит в газообразное состояние за счет кипения при пониженном давлении.

Охлаждающая жидкость, проходя по контуру рециркуляции, нагревается от грунта и направляется с помощью насоса к испарителю парокompрессионного теплового насоса, где через теплообменник отдает тепло хладону, который кипит при пониженном давлении и переходит в газообразное состояние.

Рабочее тело в виде газа из испарителя по замкнутой линии циркуляции рабочего тела поступает в компрессор, который сжимает газ, за счет чего рабочее тело снова переходит в жидкое состояние и далее осуществляется следующий цикл работы тепловой установки.

Реализация предлагаемой технологии позволит:

- Сократить время подготовки к процессу подачи тепла к АТ;
- Обеспечить заданные температуру горячего воздуха и расход, их оперативную регулировку для реализации различных эксплуатационных мероприятий на АТ;
- Снизить финансовые затраты для выработки тепла, за счет улучшения энергетической эффективности процесса, основанного на принципах энергосбережения;
- Повысить экологическую, пожарную и промышленную безопасность процесса выработки тепла и его подачи к АТ

Список используемых источников:

1. Самохин А.А. Значение арктического региона в современных геополитических реалиях // Культура. Духовность. Общество. — 2014.
2. Фетисов Е.В., Березовский Д.В., Петухов А.В., Черемыс Л.В., Шевцов С.А. Эксплуатация боевой АТ. Техническая эксплуатация боевой АТ: учебное пособие. — Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2022. — 340 с.
3. Фетисов Е.В., Шевцов С.А. Использование геотермальной энергии земли для генерации и подвода теплоты к авиационной технике в условиях Арктики // Сервис безопасности....: сб-к мат-ов межд. науч.-практ. конф. / Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. — СПб, 2022. — С. 112–115

Направление №11 International session (in English)

Enhancing Noise Reduction Technology in Aircraft

Ahmed Imaad, Joshita Sharma

MAI, Moscow

Aircraft noise pollution poses significant environmental and social challenges that have contributed to the cost of lives in previous incidents as well as caused numerous health issues to residents living in areas close to airports. Our work proposes modification as well as additions that would allow solving this major issue to a very great extent.

Firstly, we will tackle the leading noise producing element of an aircraft, the exhaust system by introducing the concept of forced mixing between the core and bypass stream through an outlet. The resultant air will pass through an external turbine placed on the core to harvest energy from the turbulent air as a result of the forced mixing and streamline the airflow before it exits the exhaust channel. Along with that we aim to mitigate noise generated by turbine-blade interactions and vibrations using composite materials and dampers to significantly reduce the sound produced by an engine, keeping in consideration that performance metrics such as thrust efficiency, fuel consumption, and durability are not compromised.

The second most noise making element of an aircraft is its APU, we propose a method well known for use in electro-acoustic devices i.e. active noise cancellation, our system is based on the use of numerous microphones on the aircraft body to reduce the noise towards the outside environment using phase difference, this is done by creating shadow region in the direction below the specified noise producing element.

Landing gear turbulence is also known to create noise when coming in contact with the inward flap which also reduces its efficiency. Our proposed method here uses flap composed of horizontal rollers that will streamline the flow to an extent while the direction of rotation of these rollers could be adjusted to create the required L/D ratio. The low Reynolds number produced in the flow would ensure the reduction of formed eddies and thus an overall low noise production.

During Take-Off and Landing the greatest contributor to the noise production has been the landing gear cavities, this however, can be curbed by firstly changing the landing gear gate opening towards the front instead of the sides as has been generally done, secondly, the gate must be shaped similar to an airfoil with high thickness-to-chord ratio, allowing a thicker boundary layer to be formed which shall reduce the noise production in the cavity, while reducing even more as the turbulent part accesses the cavity while the mostly streamlined part would access the struts of the landing gear.

Through comprehensive redesign and optimization strategies, this work offers a promising pathway towards quieter aircrafts, thereby addressing concerns related to environmental noise pollution and enhancing the sustainability of aviation technology and exponentially reducing human error and stress.

Analysis of Gas flow Sealing system of GTE

Ali M.I.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Zrelov V.A.

Samara University, Samara

The development of gas turbine engines follows the path of increasing the efficiency of the nodes, which leads to a decrease in fuel consumption and improves the performance characteristics of the engine. One of the ways to solve this problem is to reduce the leakage of "parasitic" air into the cavities of the compressor and turbines (for example, cooling, creating differential pressure in the Struts, compensating for the axial force on the thrust bearings, etc.). The established data show that reducing the air leakage in the acquisition by 1% reduces the value of the specified fuel consumption by 0.4%.

The reduction of leakage can be obtained by improving the SEALs. Starting from the 90's, many companies producing aviation and stationary gas turbine engines were interested in the development and manufacture of brush seals. Leakage rates in various seals, from Honeycomb Through the canvas, into a maze, relatively large.

For a good brush seal design will not quickly go out of service or, at worst, Damage to the rotor, many aspects must be taken into account. Ecology, the material used, weight, bristle behavior, etc.

Brush Seals are a potential alternative to air-to-air labyrinth seals in gas turbine engines. Brush seals are Designed for Rotary Connection. It is possible to reduce the overlap between the bristles Tips and shaft surface to zero. But the problem of overheating will arise. Therefore, During the styling process, it is generally advisable to adjust the bristle interface to this point Where cooling will be effective.

Refrences:

1. Filimonova L.L. Model brush seal for GTE // Herald enginebuilding. - Zaporozhye JSC "Motor Sich". 2011, № 1. — Pp. 50–57.
2. Childs, D. W., 1993, Turbomachinery Rotordynamics: Phenomena, Modeling, and Analysis, Chap.5, "Rotordynamic Models for Annular Gas Seals", John Wiley & Sons.
3. Brush seals // MTU Aero Engines. http://www.mtu.de/en/technologies/manufacturingprocesses/brush_seals/technology/configurations/index.html
4. Ao, H., Jiang, H., Ulanov, A.M. Dry friction damping characteristics of a metallic rubber isolator under two-dimensional loading processes (2005) Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering 13 (4) PP. 609–620 Cited 11 times / doi:10.1088/0965-0393/13/4/011.

Quantum communications in secure satellite networks for space missions

Banga Yashvi

MAI, Moscow

This research thesis aims to explore the potential applications of quantum communication in establishing secure and resilient satellite networks for space missions. Quantum communication, leveraging the principles of quantum mechanics, offers unprecedented levels of security and information integrity. This study will investigate the integration of quantum key distribution (QKD) and quantum teleportation protocols in satellite communication systems. The research will focus on the development of quantum-enabled communication systems that can withstand the challenges posed by the harsh space environment, including radiation and extreme temperatures. Additionally, the thesis will address the practical implementation aspects, scalability, and compatibility of quantum communication technologies with existing satellite infrastructure. This topic combines cutting-edge quantum technologies with the critical need for secure and reliable communication in space missions, making it an intriguing and potentially groundbreaking area for exploration. In the pursuit of enhancing the security and resilience of communication systems for space missions, this thesis investigates the application of quantum communication in satellite networks. The research explores potential solutions to ensure the viability of quantum communication systems in the space domain. The compatibility of quantum communication technologies with existing satellite infrastructure is a crucial aspect of the study. The thesis evaluates integration strategies and assesses how quantum-enhanced systems can coexist with traditional communication methods. In conclusion, this research contributes to the evolving field of quantum communication by providing insights into its practical application in securing satellite networks for space missions. The outcomes of this study have the potential to revolutionize the way information is exchanged in space, paving the way for a new era of secure and efficient communication in space exploration.

Refrences:

1. <https://www.techtarget.com/searchsecurity/definition/quantum-key-distribution-QKD>
2. <https://utilitiesone.com/quantum-computing-and-the-optimization-of-satellite-communication-systems>
3. <https://epjquantumtechnology.springeropen.com/articles/10.1140/epjqt/s40507-023-00208-8>
4. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2110/2110.06762.pdf>

Preliminary conceptual design of a three-spool turbofan engine including the design point and off-design investigation with the effects of implementing an intercooler and recuperator as well as material analysis

Chettri Aditya, Yahya R.A.

MAI, Moscow

Major engine producers have been working to enhance engine designs for the newest generation of long-haul aircraft, including the Boeing 787, B777, Airbus A380, A350, etcetera, in recent years. The main intentions for 2030 stated by the International Coordinating Council of Aerospace Industries Associations (ICCAIA) include a decline of 75% in carbon dioxide emissions per passenger kilometre, an abate of 85% in nitrogen oxide emissions, and a reduction of 60% in perceived noise. That being the case, for an engine to enter into service in 2025 or later, a decrease in specific fuel consumption and an increase in efficiency are the goals.

In this analysis, a thermo-gas-dynamic analysis and optimization were performed using GasTurb software. The engine features a single-stage fan, a seven-stage intermediate pressure compressor, and a five-stage high pressure compressor. The turbine section consists of a single-stage high-pressure turbine, a two-stage intermediate turbine, and a five-stage low-pressure turbine with an annular-type combustion chamber. The optimization of the bypass ratio, overall pressure ratio, and turbine inlet temperature was carried out at the test bench as well as during the cruise using the software mentioned above. The engine produces thrust around 310–330 kN, the same amount that is produced by a 2010 baseline engine but our three-spool turbofan produced it with 15% less fuel consumption. The engine achieved this mainly through two key features: a high bypass ratio and an incredible overall pressure ratio.

Using GasTurb software for analysis, we noted that the engine worked without any compromise in performance for both the design point and off-design analysis with change in crucial parameters such as throttle setting, the spool speed and different regimes (take off and cruise).

The intercooler in the engine is situated between the intermediate-pressure and high-pressure compressor. Because the compressor uses less power, it essentially decreases the work input of the compression process. The recuperator is positioned following the low-pressure turbine exhaust. By transferring heat from the hot exhaust gases from the low-pressure turbine in a counterflow recuperator, it warms the air that is leaving the high-pressure compressor to the burner. Based on the calculations and analysis using GasTurb and MATLAB software, for an engine with an intercooler and recuperator, we discovered that while specific thrust reduces by 3%, specific fuel consumption decreases by 18.5%. The thermal efficiency is nearly unaltered, but both propulsive and overall efficiency showed an increment of 5% and 4%, respectively.

The computational fluid analysis for both thermal and mechanical properties was done using Ansys fluent software. The material used for manufacturing the fan blades is carbon fiber with titanium at its leading edge. The compressor blades are manufactured from Inconel as Blisks. The fuel injector used in the engine is a twin annular pre-swirl injector. This carefully controls the air-fuel mixture ratios to control flame temperatures, resulting in a reduction in the emission of harmful greenhouse gases into the atmosphere.

Application of the QFD method for the development of digital products and services in the aerospace industry

Danielyan Arusyak

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Хунузиди Елена

NUST MISIS, Moscow

Quality Function Deployment (QFD) is a meticulously developed method aimed at maximizing customer or stakeholder satisfaction and exceeding their expectations by transforming their requirements into engineering characteristics at the early stages of product development and production technology [1]. In the aerospace industry, where safety and reliability requirements are paramount, the application of QFD not only optimizes development processes but also ensures the high quality of final products.

Digital products and services play a key role in enhancing the efficiency of aerospace enterprises. The integration of modern technologies, such as Artificial Intelligence, Big Data, The Internet of Things, and Neural Networks, becomes an integral part of production processes [2]. The QFD method ensures systematic and traceable project decisions, improves cross-functional communications, and enhances resource efficiency, which in turn contributes to reducing time to market and lowering the lifecycle cost of products.

The anticipated benefits of applying QFD include not only increased customer satisfaction but also improved corporate reputation. The approach suggests that product development decisions are based on information, have defined and measurable goals, involve all relevant business departments, and concentrate efforts where they matter most to customers.

QFD facilitates the linkage of various phases of product development, such as strategy, marketing, competitiveness, systems analysis, customer requirements analysis, concept development, change management, and many others, ensuring priority support at each stage and assessing the impact of decisions on all phases of the lifecycle. This enhances not only the product or service itself but also the process of its creation [3].

A key task of quality management in the aerospace industry is effective planning and defining product characteristics, technological and production processes based on safety and reliability requirements, as well as considering customer demands and expectations (both end users: for example, airlines and space agencies, and participants in the internal development cycle: engineers, programmers, project managers). QFD addresses this task, leading to a 30-50 % reduction in project changes, a 20-60 % decrease in production launch costs, and a 30-50 % reduction in the design and development cycle [4].

The application of QFD in the development of digital products and services in the aerospace industry can foster the creation of innovative solutions that meet current requirements and customer expectations. This ensures the competitiveness of products, enterprises, and the entire industry, emphasizing the importance of quality integration at all stages of the product lifecycle.

References:

1. ISO 16355-1:2021. Application of statistical and related methods to new technology and product development process – Part 1: General principles and perspectives of Quality Function Deployment (QFD). – Switzerland: ISO, 2021.
2. Васильев В. А., Александрова С. В. Управление качеством на основе цифровых технологий. — Научноёмкие технологии в машиностроении, Том 2022 № 9 (135), 2022. — с. 18–25.
3. 16355-7:2023. Applications of statistical and related methods to new technology and product development process — Part 7: Guidelines for developing digitalized products and services General principles and perspectives of the QFD method. — Switzerland: ISO, 2023.
4. Родионов В. Н. Повышение эффективности управления качеством продукции и технологических процессов на основе инновационных преобразований в кабельном производстве: диссертация кандидата технических наук: 05.02.23. – Самара, 2011. – 213 с.: ил. РГБ ОД, 61 12-5/1888.

Capacitive Sensor for measuring liquid level (methodology and math model)

Emara M.M., Abdulwali Badr

MAI, Moscow

This study aims to design a capacitive liquid level sensor for industrial applications, with a focus on achieving high accuracy, reliability. By leveraging the principles of capacitive sensing and innovative electrode configurations, the goal is to develop a sensor capable of accurately measuring liquid levels in various types of containers. The sensor's design will be optimized to minimize interference from external factors such as electrical noise, ensuring robust performance in real-world applications.

The design process of the capacitive liquid level sensor involved several key steps. theoretical principles of capacitive sensing were applied taking into account dielectric constant of the medium where the sensor will be installed, involved adjusting parameters such as electrode shape, size, and

spacing to achieve desired performance characteristics. taking into account the errors of the system such as wire error and capillarity effect. The sensor's performance was assumed for gasoline (Avgas) liquid, and a cubic shape container.

based on the properties of the capacitors under the supplying of an AC source, a dependence of the change in reactance of the capacitor with respect to the change in the capacitance was obtained, using RC filter configuration; a model of the output voltage transfer function was generalized to generate an output AC voltage signal, allowing continuous reading of the signal as a function of the level of liquid to ensure precise reading for various applications. The signal is farther analyzed and converted to DC signal and rectified with a minimum noise existing in the signal, and supporting farther modification on the sensor circuit to be installed allowing a wide range of accuracy with minimum error for sensitive applications. Problem of non-linearity of capacitors due to the effect of the dielectric medium is solved using referencing circuit configurations and farther amplification of signal is presented to allow wide range of output signal for various application. for sending information about the level of liquid inside the tank for other subsystems; the signal is converted to digital signal and saved in PROM(programmable Read Only Memory) to ensure binary code is generated for each corresponding liquid level and stored, even when the power is turned off.

The sensor exhibited high accuracy, with measurement errors consistently below $\pm 0.7\%$ of full scale, the sensor's response time was found to be rapid, with readings stabilized within milliseconds of liquid level changes. This quick response makes the sensor suitable for dynamic applications requiring real-time monitoring and control. The sensor also showed robustness against electrical noise, thanks to its optimized electrode design and signal processing algorithms.

In conclusion, the design and implementation of the capacitive liquid level sensor presented in this study offer a significant advancement in the field of industrial liquid level sensing. The sensor's high accuracy, rapid response time underscore its potential to address critical challenges in various industries. The success of this sensor design opens up exciting opportunities for further research and development by implementing higher order filters to decrease the noise of the signal even farther. Future efforts could focus on optimizing the sensor's effectiveness and scalability for large-scale deployment.

References:

1. Small, G.W.; Fiander, J.W. Fabrication and Measurement of the Main Electrodes of the NMIA-BIPM Calculable Cross Capacitors. *IEEE Trans. Instrum. Meas.* **2011**, *60*, 2489–2494.
2. Hunag, L.; Small, G.W.; Lu, Z.; Fiande, J.R.; Yang, Y. Model Tests of Electrical Compensation Method for the New Calculable Cross-Capacitor at NIM. *IEEE Trans. Instrum. Meas.* **2013**, *62*, 1789–1794.
3. Balakin S V, Serbinov D L. (2018). A Method of Determining the Level of Dielectric Liquids from the Parameters of a Model of a Capacitance Fuel Level Sensor. *Measurement Techniques*, *60*(10): 998-1002.
4. Bande, V.; Ciascai, I.; Pitica, D. Low-cost capacitive sensor for wells level measurement. In *Proceedings of the 33rd International Spring Seminar on Electronics Technology*, Warsaw, Poland, 12–16 May 2010; pp. 279–283.

Dual-Band Satellite Communication Antennas

Kuran Mutahhar

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Овчинникова Е.В.

MAI, Moscow

One of the goals of further development of antennas for satellite communication with moving objects is the minimization of size and the development of new lightweight antenna system designs. These antennas must ensure stable signal reception while adapting to changes in the object's perspective. In the literature, significant attention has been given electrical and mechanical scanning antenna arrays installed on mobile platforms. The primary requirement for such systems is to provide high energy potential within the scanning sector.

Antenna grids with electrical scanning in the angular plane and mechanical scanning in the azimuthal plane are discussed in studies [1–3]. These antennas consist of subarrays that form beams toward the satellite, and track this direction when the perspective of the moving object changes.

Low-profile satellite communication antenna arrays are typically constructed using elements manufactured through printed technology or electroplating [3]. In some cases, the antenna array is integrated with the distribution system, ensuring compact dimensions. Study [4] examines an antenna with a slight bend in the antenna array, enabling conformal placement of elements on the aircraft fuselage and expanding the field of view in the angular plane to 75°. Descriptions of conformal satellite communication antennas are also provided in studies.

The elements of the antenna array must have elliptical or switchable polarization since the relative orientation of the mobile object and satellite may change during operation. Therefore, literature emphasizes the elements of satellite communication antenna systems.

This report provides an overview of the constructions of antenna arrays for satellite communication systems, detailing the elemental base, manufacturing technologies, calculation and modeling peculiarities by considering operational conditions. Constructions of satellite television antennas are presented, highlighting the strengths and weaknesses of such antennas, and outlining the future development paths for satellite communication antenna systems.

References:

1. Elliot, P.G. Conformal array beam synthesis and taper efficiency comparisons / P.G. Elliot. - MITRE Corp. – P. 1-6.
2. Development of a Broadband and Squint-Free Ku-Band Phased Array Antenna System for Airborne Satellite Communications / D. Marpaung, C. Roeloffzen, W. Beeker et al. // InTech. - 2011.
3. Спецификация Антенна SOTM 0.6 м Ku-диапазона ФАР ТИШЖ.464659.015. Россия. ООО «Технологии Радиосвязи».
4. Conformal phased array with beam forming for airborne satellite communication / H. Schippers, J. Verpoorte, P. Jorna et al. // International ITG Workshop on Smart Antennas. - 2008.

Determination of the effective characteristics of a composite material with different reinforcement schemes

Ladino Valdes Brian Steven, Puzyretsky E.A.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Shabalin L.P.

KNRTU-KAI, Kazan

Composite materials are materials formed by joining two or more materials to achieve a combination of properties that cannot be obtained in the original materials. These materials can be created artificially and are used in the industry to obtain materials that combine the properties of ceramics, plastics and metals [1].

Determining the effective characteristics of a composite material is fundamental to the field of materials science. Composite materials have gained considerable interest due to their ability to combine the individual strengths of components and offer improved properties compared to traditional materials. Composite materials have an anisotropic and heterogeneous nature, which means that their properties are not the same throughout their volume; the effective structural properties of a composite material are the addition of contributions from its various component substances and their configuration [2].

The application of such materials when designing various structures makes it possible to change the properties of structural elements by altering the composition of a composite, the concentration and arrangement of fibers. The properties of composites depend on the mechanical characteristics of constituent elements. Their combination creates a synergy that is manifested in the formation of new physical-mechanical properties in a composite, not inherent to its individual phase elements [3].

However, understanding and predicting the effective characteristics of a composite material as a function of its design and reinforcement scheme remains a major challenge due to the different aspects involved in performing this task such as: material costs, specialized tools, trained personnel, samples and preparation, etc.

For this reason, this paper presents a method to determine these effective characteristics in a composite material consisting of UMT49-12K-EP carbon fiber and T26 single-component epoxy resin using Digimat software.

Refrences:

1. Pino Rivero, Lazaro. (2011). Materiales Compuestos.
2. Mayugo Majó, J.A. Estudio constitutivo de materiales compuestos laminados sometidos a cargas cíclicas. Tesis doctoral, UPC, Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria, 2003. ISBN 8468838810.
3. Homeniuk, S., Grebenyuk, S., Klimenko, M., & Stoliarova, A. (2018). Determining the effective characteristics of a composite with hollow fiber at longitudinal elongation. Eastern-European Journal of Enterprise

Green Ammonia: potential sustainable fuel

Roy Subhrangshu

MAI, Moscow

Cryogenic Engine Meaning: Cryogenic derives from the Greek words “Kyros” (cold or freezing) and “gene” (burn or produced). A cryogenic engine is a rocket engine that uses a cryogenic fuel and oxidizer, meaning that both of these components are liquefied gases that are kept at extremely low temperatures. The process of using rocket propellants at a cryogenic temperature is known as cryogenic technology. Due to the use of propellants at extremely low temperatures, cryogenic rockets are technically a much more complex system than solid or liquid propellant (stored on earth) stages. However, a cryogenic engine is more effective and produces more force per kilogram of cryogenic propellant used than other types of propellants, such as solid and liquid propellant rocket engines.

The USA invented the cryogenic engine, which has a long history involving many powerful countries, such as Russia, Japan, France, and others. One of the key components in NASA's success in using the Saturn V rocket to travel to the Moon was the use of these extremely effective cryogenic engines, which first flew on the US Atlas-Centaur.

Cryogenic engine fuels are fuels kept in storage at very low temperatures in order to keep them liquid. These fuels are utilized in space-operating machinery. Liquid oxygen (LOX) and liquid hydrogen (LH2), which liquefy at -183 degrees Celsius and -253 degrees Celsius respectively, are used as propellants in cryogenic engines. LH2 and LOX are kept in the appropriate tanks. Most frequently, cryogenic fuels are liquefied gases, like liquid hydrogen.

The main components of a Cryogenic engine are A combustion/thrust chamber, igniter, fuel injector, fuel cryo pumps, oxidizer cryo pumps, gas turbine, cryo valves, regulators, fuel tanks, and a rocket engine nozzle. Liquid oxygen (LOX) and liquid hydrogen (LH2), which liquefy at -183 degrees Celsius and -253 degrees Celsius, respectively, are used as propellants in cryogenic engines. LH2 and LOX are kept in the appropriate tanks. Individual booster pumps are then used to pump them into the turbopump from there, ensuring a high flow rate of propellants inside the combustion/thrust chamber.

Cryogenic Engine is used in space vehicles or as rocket engines. propellants in cryogenic engines. LH2 and LOX are kept at extremely low temperatures which liquefy at -183 degrees Celsius and -253 degrees Celsius respectively in the appropriate tanks. Compared to other propellants, such as solid and liquid propellant rocket engines, a cryogenic engine is more effective and produces more force per kilogram of cryogenic propellant used.

Why Cryogenic Engines are Used in Rockets

Cryogenic engines are used in rockets for several important reasons:

1) High Thrust-to-Weight Ratio: Cryogenic engines, which use cryogenic propellants like liquid hydrogen (LH2) and liquid oxygen (LOX), offer a high thrust-to-weight ratio. This means they can produce a significant amount of thrust relative to their own weight, which is crucial for lifting heavy payloads into space.

2) Efficient Combustion: Cryogenic propellants burn efficiently, providing a high specific impulse (Isp). Specific impulse is a measure of how effectively a rocket engine converts propellant mass into thrust. The higher the Isp, the more efficient the engine, and cryogenic propellants have some of the highest Isp values in rocketry.

High Energy Density: Cryogenic propellants have a high energy density, which means they contain a lot of energy per unit of mass. This allows rockets to carry more propellant, resulting in longer burn times and greater overall thrust.

3) Clean Combustion: The combustion of cryogenic propellants produces a clean and relatively simple chemical reaction, mainly involving the combination of hydrogen and oxygen to produce water vapor. This simplicity reduces the risk of engine complications and contamination.

Cooling Effect: The extremely cold temperatures of cryogenic propellants help cool the engine components during combustion. This cooling effect can protect the engine from the high temperatures generated during the combustion process, contributing to its reliability and longevity.

4) Throttling Capability: Cryogenic engines are often designed to be throttleable, meaning their thrust can be adjusted during flight. This capability is essential for precise control during ascent, orbit insertion, and other critical phases of a rocket's journey.

5) Compatibility with Deep Space Missions: Cryogenic engines are well-suited for deep space missions because they can be reignited after a long coast phase, and their high Isp allows for efficient propulsion during extended missions.

Comparison of Shapes for Sandwich Panels

Sharma Joshita

MAI, Moscow

The current use of Honeycomb Sandwich Panels in wings and certain other structural elements has allowed the reduction of mass for Aircrafts and Spacecrafts, however with the advancement in technology within the mentioned fields there is the need for higher strength with as much reduction of mass as possible so as to ensure lower overall mass and thus lower project costs, requiring to look into further more shapes that could be entrusted to the tasks, this work thus intends to delve into the aforementioned.

This work hence presents a comparison of the generally used Honeycomb (Hexagon) structure for aircraft and spacecrafts sandwich panels with alternate shapes of Octagon and Circle. The Work includes both analytical assessment as well as Simulated models with different loads acting upon the models that in a whole show the advantages and disadvantages of each, both individually as well as in comparison to each other. Whereas the Analytical assessment includes Strength Analysis in all axes with calculation of Stress, Strain as well as the resulting deflections for the purpose of comparison

The shapes of Octagon and Circle that are used within the work have been chosen due to their two-axes Symmetry which is similar to that of Hexagons. However, the uniqueness in these shapes is that they allow similar reactions when forces are applied in either axis, thus giving them a place to compete against the universally used Hexagons.

The intent of the work is to identify the most advantageous shape that can be used for such panels as a substitute to the commonly used Honeycomb, while keeping in mind the need to maintain or increase the strength, while reducing the mass as well as keeping check of the area and volume impact it shall have and thus analyze their potential usage in aircrafts and spacecraft systems.

Sustainable "space debris" removal with solar energy

Tuiba Ashraf

MAI, Moscow

Space debris, a byproduct of human space activities, has become a significant concern due to its potential to harm operational satellites and spacecrafts. The increasing number of objects in orbit heightens the risk of collisions, which can cascade into large-scale disasters and jeopardize future space missions. To address this challenge, various debris removal techniques have been proposed, among which solar-powered solutions offer a promising and cost-effective approach. Solar energy, as a renewable resource, holds substantial potential, with an efficiency range of 15-30% in converting solar energy into electrical energy. Also, Photon flux intensity plays a pivotal role in determining the maximum temperature achievable through photon energy. Concentrated solar power (CSP) systems,

utilizing mirrors or lenses to concentrate sunlight onto a limited space is a prime example of this principle. By concentrating sunlight, CSP can generate temperatures exceeding 1000°C (1832°F) at the focal point. Our method utilizes high-energy photons directed through a high-power lens to target and vaporize space debris. This technique, analogous to the sublime transition of ice into water vapor when exposed to intense sunlight, allows for the controlled and precise removal of debris without causing damage to operational satellites or spacecraft. The photon energy required for this process can be efficiently generated using renewable sources such as solar panels or nuclear power, ensuring the sustainability of the debris removal process. This paper explores solar-powered solutions for space debris removal and their potential for effective and sustainable debris mitigation.

Design and application of small eddy current tube using high-speed fluid of aerospace vehicle

Zhang Qiongyu

Научный руководитель — Zotikova P.V.

MAI, Moscow

In the process of aeronautics and Astronautics, there are most systems with high-pressure fluid. Some kinetic energy and internal energy of the fluid in the depressurization process can not be deeply utilized and recovered during the operation of these systems. In order to make better use of this part of energy, this project has designed a small-scale fluid separation power generation device composed of vortex tube, temperature difference power generation system and voltage-stabilizing circuit. The device converts some of the internal energy of a high-pressure gas into electricity: the energy of the fluid is separated by a vortex tube module, creating a temperature difference, which is then used to generate electricity from the heat. In this process, in order to achieve the design goal of stable and adjustable output, a voltage regulator module is added after the thermoelectric module to realize stable and adjustable output voltage. At the same time, the interface compatibility is designed to ensure that it can achieve high efficiency in most application scenarios. Using the temperature difference between vortex tube and high-speed fluid to generate electricity has an important application prospect in aerospace industry, mainly because it can provide reliable power source for various systems. The following are some specific application prospects:

(1) Emergency Power Generation In case of electrical system failures or emergencies, hydraulic power systems can serve as backup power sources for critical functions like flight control, landing gear operation, and braking. High-speed fluid power generation ensures quick activation and operation of these backup systems when needed.

(2) Hydraulic Actuation for Spacecraft In space applications, hydraulic systems powered by high-speed fluid power generation can be utilized for various functions, including solar array deployment, antenna positioning, payload manipulation, and spacecraft docking maneuvers. These systems must operate reliably in extreme environments and high vacuum conditions, making high-speed fluid power generation an attractive option.

(3) Power Generation for Onboard Systems High-speed fluid power can also be generated on aircraft or spacecraft. The power supply can be used to operate various airborne systems, including avionics, communications systems, lighting systems and environmental control systems.

Overall, the application prospects of high-speed fluid power generation in aerospace are vast and encompass various critical functions, ranging from flight control and propulsion to auxiliary power generation and system operation, contributing to improved performance, reliability, and safety of aerospace vehicles.

Refrences:

1. Ranque, G.J. Method and Apparatus for Obtaining from a Fluid Under Pressure Two Outputs of Fluid at Different Temperatures[P], in US Patent 1934, 1:952,281.
2. Hilsch, R. The use of the expansion of gases in a centrifugal field as cooling process [J]. Review of Scientific Instruments, 1947, 18(2): 108-113.
3. Bruno, T.J. Laboratory applications of the vortex tube [J]. Journal of Chemical Education, 1987, 64(11): 987-988.

4. Aljuwayhel, N.F., Nellis, G.F., Klein, S.A. Parametric and internal study of the vortex tube using a CFD model [J]. International Journal of Refrigeration, 2005, 28(3): 442-450.
5. Reed, G.A. Vortex tube refrigeration [D]. Massachusetts Institute of Technology, Department of Aeronautical Engineering, 1947.

Проектирование и испытания систем охлаждения небольшой испытательной камеры БПЛА

Dinh Tan Hung

Hanoi University of Science and Technology, Hanoi, Vietnam

Nowadays, unmanned aerial vehicles (UAVs) have become an essential technological trend with widespread applications in various fields. However, with the development and market demand, UAVs are required to be more durable, have longer flight times, higher ceiling, greater range, and improved energy efficiency. Achieving these goals requires not only design and construction but also significant attention to testing and evaluation. The UAV environmental test chamber is the closest simulation system to replicate the environmental conditions that UAVs experience in space. It serves the purpose of assessing the operational quality and reliability of components such as engines, electronic circuits, sensors, and more. Unlike space simulators, the UAV environmental test chamber performs real-time variations of pressure, temperature, and humidity, along with altitude changes, to accurately evaluate the impact of these conditions on different components of the UAV. This process enhances the reliability and stability of each component, facilitating efficient improvements before conducting real-world testing. This paper focuses on researching a temperature variation system for a small-scale environmental test chamber, including the design, CFD simulations and testing of different approaches to optimize heat transfer capabilities within the chamber.

UAVs are designed to operate at different altitudes, with smaller UAVs typically flying between 1000–3000 m, while larger ones can reach altitudes of 5000 m and higher, subject to flight altitude restrictions in specific regions [1]. The temperature of the Earth's atmosphere varies with altitude above sea level. This study focuses on the operational conditions of UAVs in the troposphere, which spans from the Earth's surface up to an altitude of 16 km, with the polar regions ranging from 7-10 km. Temperature decreases with increasing altitude, influenced by latitudinal variations and weather conditions. On average, the temperature decreases by approximately 6.5°C for every 1000 m of elevation in troposphere [2]. Notably, a record-setting flight took place in Russia in 2018, where a Russian pilot controlled a model aircraft to an altitude exceeding 10km. The flight lasted 25 minutes, reaching a maximum altitude of 10,200m, with an average ascending speed of about 10m/s [3]. The relationship between temperature and altitude has been extensively studied through field tests involving UAVs.

Temperature is one of the parameters that significantly impact the performance of UAVs during operation. It poses serious challenges to components, equipment, and the surrounding environment when certain limits are reached. This paper focuses on the research, design, and testing of cooling systems for a small-scale test chamber based on the principles of heat conduction and convection. The test specimen is placed at the center of the chamber, where the temperature will be altered by the flow of liquid nitrogen through the heat pipes surrounding the chamber. By varying the shape and number of heat pipes, as well as adjusting the flow rate of the liquid nitrogen, the temperature inside the chamber can be modified according to the desired time frame, enabling the evaluation of optimal cooling strategies. The temperature at the center of the chamber needs to achieve a cooling reduction from room temperature to -50°C within approximately 10 minutes, corresponding to the altitude change process of UAVs.

Refrences:

1. R. E. Weibel (2002), "Safety Considerations for Operation of Different Classes of Unmanned Aerial Vehicles in the National Airspace System"
2. International Organization for Standardization. (1975). ISO 2533-1975: "Standard Atmosphere". Geneva, Switzerland.
3. "This drone can fly higher than 10000m", Duytom [Online]. Available: <https://youtu.be/h7NmRVDOOQ?si=mM6HEATnSQhLm5qD>. [Accessed 20 February 2024].

Effect of temperature on hydrogen absorption process, phase composition and structure of Ti₂AlNb-based alloy

Румянцев К.

Научный руководитель — к.т.н. Пожого О.З.

MAI, Moscow

Intermetallic titanium alloys based on Ti₂AlNb compound with orthorhombic crystalline structure are considered to be promising high-temperature materials for producing parts operating at temperatures near 650–700°C [1]. Thermohydrogen treatment technology allows obtaining thermally stable microstructure of Ti₂AlNb-based alloys which helps to achieve elevated level of mechanical properties, reduce forces applied for deformation and increase strain level [2, 3]. The main issue for the development of effective thermohydrogen treatment technology is defining proper conditions of the process. The aim of the present study is to assess the effect of hydrogenation temperature and hydrogen concentration on structure, phase composition and hydrogen absorption process of the Ti₂AlNb-based alloy.

In current research samples of hot-rolled semi-finished product of Ti₂AlNb-based alloy were considered. Chemical composition of the alloy is the following: Ti (bal.)–10Al–43Nb–0.9Mo–1.0V–1.5Zr–0.13Si, wt. %. Alloy samples were hydrogenated by four different modes: annealing in hydrogen atmosphere at temperatures 700°C, 800°C и 900°C and by the mode with stepwise cooling from 900°C to 800°C and to 700°C with holding at these temperatures. Kinetic curves of hydrogen absorption were registered and analyzed. Absorption completion was registered when constant value of hydrogen pressure was obtained. The concentration of hydrogen (hereinafter in wt. %) in the alloy was determined by comparing weights of hydrogenated and initial samples using analytical balances.

Annealing at 700°C and 800°C provides more active and uniform absorption of hydrogen than annealing at 900°C. It was established that higher annealing temperature leads to lowering average hydrogen content and noticeable nonuniformity of hydrogen distribution by furnace charging. It is necessary to subject the alloy to at least one-hour exposure to obtain desirable concentration (0.2 – 0.3 %) of hydrogen. Phase composition of the Ti₂AlNb-based alloy with additional hydrogen was represented by β and O-phases as well as that of the non-hydrogenated alloy regardless of hydrogen content or annealing temperature. The β -phase lattice parameter increases from 0.327 nm to 0.331 nm due to the growth of hydrogen content from the initial one to 0.3 %. Increase in annealing temperature up to 900°C results in microstructure coarsening. The length of the O-phase plates was increased by 2 – 4 times and the thickness was increased by 5 times as compared to that obtained after hydrogenation at lower temperatures. Stepwise annealing mode leads to the formation of less uniform structure than isothermal modes and it can provoke the growth of coarse round-shaped O-phase particles in separate areas. Increase in hydrogenation temperature from 700°C to 900°C reduces the microhardness level by 12%.

Funding: This study was supported by the Russian Science Foundation, project no. 22-79-10260 using the equipment available in the Aerospace Materials and Technologies core facility of the Moscow Aviation Institute.

References:

1. Banerjee D. The Intermetallic Ti₂AlNb // Progress in Materials Science. 1997. No 42. P. 135–158.
2. Il'in A.A., Kolachev B.A., Nosov V.K., Mamonov A.M. Hydrogen technology of titanium alloys / Moscow, MISIS Publ., 2002. 392 p.
3. Formation of the Structure and Properties upon Thermohydrogen Treatment of the Alloy Based on Titanium Aluminide Ti₂AlNb / A. G. Illarionov, S. M. Illarionova, O. G. Khadzhieva, E. D. Merson // The Physics of Metals and Metallography. – 2019. – Vol. 120, No. 10. – P. 969-975

Управление ориентацией спутника с помощью встроенных в печатную плату магнитоприемников в солнечных панелях

Сурве Суриакши Самбхаджи

MAI, Moscow

One of the most widely used active stabilization devices for detumbling, stabilization and attitude control on satellites are magnetorquer also known as magnetic torquer. Its working is based on electromagnetism. Usually, these magnetorquers are in the form of a rod which take up space, power and weight in a satellite which can be an overkill for small lightweight satellites. To optimize this device this abstract discusses the use of copper coils embedded in a nanosatellite deployable solar panels units' Printed Circuit Board (PCB).

These coils are PCB traces which are embedded in the internal layers of a multilayer solar panel. Since they are PCB traces, they are almost weightless, take up no extra space on board and has low power consumption as compared to traditional rod magnetorquers. Main advantage of using embedded coils is that they can be reconfigured according to the requirements of the task based on power consumption, torque, dipole moment, thermal stability, voltage and current. For this purpose, MOSFET transistors are used which act as switches. Coils can be arranged in parallel (for maximum current and low voltage), series (for minimum current and high voltage) and hybrid configurations (2x3, 3x2). These arrangements can be changed using the transistor switches which are connected between every adjacent coil. As the current in the coil increases, the magnetic moment generated by the coil increases which when interacting with the earth's magnetic field generates the desired torque on the satellite. The direction of the torque required on the satellite can be changed by changing the direction of the current in the embedded coils. Since torque depends on the moment of inertia, it increases with an increase in the size of the satellite thus reducing the torque to power consumption ratio.

The current which passes through the coil depends on the voltage available onboard and the resistance which depends on the area and number of turns of each coil. This resistance also leads to the heating effect. Appropriate design parameters of the coil such as number of turns, trace material, thickness and width of traces are selected according to the required magnetic moment to be generated hence keeping the resistance low. Low-cost passive temperature and voltage sensors can be integrated with the microprocessor to monitor the power consumption and temperature rise.

These embedded magnetorquer coils can help in initial detumbling of a satellite on deployment having high angular velocities. They can further be used as a secondary attitude control system of larger and heavier satellites for moment unloading and desaturation of the reaction wheel system while approaching zero angular velocities. This would increase the pointing accuracies of the primary attitude control systems. This method can prove to be economical and promising for Low Earth Orbit satellites.

References:

1. CubeSats detumbling using only embedded asymmetric magnetorquers- Shoaib Ahmed Khan, Advances in Space Research, Volume 71, Issue 5, 1 March 2023, Pages 2140-2154
2. Optimized Design of Embedded Air Coil for Small Satellites with Various Dimensions, Journal of Aerospace Information Systems
3. Embedded Magnetorquer Coil design for Micro-Satellite, Proceedings of the 3rd International Conference on Engineering & Emerging Technologies (ICEET), Superior University, Lahore, PK, 7-8 April, 2016
4. Spacecraft Dynamics and Control: A practical engineering approach, Sidi, M.J.

Research and experimentation on the aerodynamic characteristics of winglets for Glider UAV

Hoang Thi Kim Dung

Hanoi University of Science and Technology, Hanoi, Vietnam

Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) have gained significant popularity in various critical applications such as search and rescue operations, surveillance, and terrain mapping. Enhancing and optimizing the design of UAVs to achieve maximum performance and efficiency has become a

crucial area of research. This study focuses on examining the effects of winglet installation on the performance of the ISUT Solar II sailplane UAV and proposes an optimized winglet design. The research begins with an exploration of general concepts related to UAVs and winglets. It then proceeds to perform extensive aerodynamic simulations using computational fluid dynamics (CFD) software. The ISUT Solar II UAV model is simulated with different winglet configurations, with varying cant angles ranging from 0°, 7°, 30°, 45°, 60°, 90° at different angles of attack from 0° to 18°. The simulation results provide detailed information on the aerodynamic characteristics, including lift, drag, and the lift-to-drag ratio, for each winglet configuration. To validate the simulation results, wind tunnel testing is conducted using a scaled-down model of the ISUT Solar II UAV. The wind tunnel experiments measure the aerodynamic forces and moments acting on the UAV with different winglet designs. These experimental data are compared with the simulation results to assess the accuracy and reliability of the simulation model. Based on the comprehensive analysis of the simulation and experimental data, an optimized winglet design is proposed for the ISUT Solar II UAV. The results demonstrate that the optimized winglet configuration improves the aerodynamic efficiency of the UAV, leading to reduced drag and increased lift-to-drag ratio

Research on image restoration based on optimization algorithm

Чжэн Тяньци

МАИ, Москва

Как визуальная информация визуального изображения, изображение может обеспечить больше удобства для жизни людей. Однако ухудшение изображения всегда было вызвано дифракцией света, расфокусировкой, атмосферной турбулентностью, относительным смещением между камерой и окружающей средой, а также ограничением усиления спектра оптического прибора. Поэтому Исследование алгоритма восстановления изображений имеет теоретическое значение и важное прикладное значение. Применение технологии восстановления изображений охватывает астрономию, военную, медицинскую, дорожно-транспортную, промышленную и многие другие области. Чтобы решить проблему восстановления изображений, многие ученые провели углубленное исследование и достигли замечательных результатов. Основываясь на предыдущих методах исследования, эта статья начинается с введения основных принципов восстановления изображений и обобщает состояние исследований и методы исследований в стране и за рубежом. Метод оценки восстановления изображений определяется производительность, а затем описывается и рассчитывается алгоритм неслепого восстановления изображения на основе преобразования Фурье, а также устраняются недостатки алгоритма. Наконец, два типичных алгоритма слепого восстановления изображения, а именно модель слепого восстановления изображения на основе общего вариационная регуляризация и модель восстановления слепого изображения на основе тихоновской регуляризации и полной вариационной регуляризации. Наконец, предполагается развитие этого направления.

Список используемых источников:

1. Vogel C R. Computational methods for inverse problems [M]. Philadelphia : SIAM, 2002
2. Giusti E. Minimal surface and functions of bounded variation[M]. Vol.80 Monographs in mathematics Birkhauser verlag, Basel, 1984.
3. Osher S, Burger M, Glodfarb D, et al. An iterated regularization method for total variation-based image restoration[J]. Multiscale Model, Simul, 2005, 4 (2) : 460-489.
4. Osher S, Mao Y, Dong B, et al. Fast linearized Bregman iteration for compressed sensing and sparse denoising[R]. UCLA CAM Report(08-37), 2008.

Направление №12 Филиал «Восход» (г. Байконур)

Анализ основных проектных параметров криогенного ракетного блока для ракет-носителей с массой полезного груза до 500 кг

Абдикадыров Д.Н.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Сизов А.А.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Потребность в создании ракет-носителей легкого и сверхлегкого классов в настоящее время обусловлена стремительным ростом числа сверхмалых и малых космических аппаратов с массой от нескольких килограмм до сотен килограмм. В мире существует несколько десятков относительно проработанных проектов легких РН и особенно сверхлегких, в целом число предложений превышает сотню. Однако до летных образцов пока доведены лишь единицы.

В данной работе рассматривается задача анализа конструктивно-технических решений в области создания составных частей РН сверхлегкого и легкого классов с использованием в качестве горючего жидкого водорода и сжиженного природного газа (СПГ) и проведена оценка энергетических и массово-габаритных характеристик ракетных блоков ступеней ракет-носителей, которые способны выводить на низкие опорные и целевые орбиты нагрузку объектом массой до 500 кг.

Объектом исследования в работе является криогенный блок второй ступени ракеты-носителя. В качестве применяемых пар компонентов ракетного топлива рассмотрены: керосин — кислород, метан — кислород и во Филиал «Восход» дород — кислород. Все компоненты находятся в жидком состоянии.

Проведенные расчеты показывают:

- Максимальные габаритные размеры имеет кислородно-водородная ступень при одинаковом калибре ракетного блока;
- При одинаковом времени работы двигательной установки масса суммарной дозы заправки снижается у криогенных пар КРТ при незначительном увеличении сухой массы бака горючего;
- Применение криогенных горючих увеличивает удельный импульс;
- Масса полезной нагрузки возрастает;
- Наилучшими эксплуатационными свойствами при хранении, заправке и полёте из криогенных горючих обладает СПГ (метан).

Список используемых источников:

1. Аттетков, А.Н. Методы оптимизации : учеб. пособие для вузов / А.Н. Аттетков, С.В. Галкин, В.С. Зарубин. — М. : МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2003. — 440 с.
2. Мухамедов, Л.П. Основы проектирования транспортных космических систем : учеб. пособие / Л.П. Мухамедов. — М. : МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2019. — 265 с.
3. Сердюк, В.К. Проектирование средств выведения космических аппаратов : учеб. пособие для вузов / В.К. Сердюк. — М. : Машиностроение, 2009. — 504 с.

Разработка подсистемы информационного обеспечения метрологической деятельности ракетно-космической отрасли

Агишева А.С.

Научный руководитель — доцент, к.ф.-м.н. Шестопалова О.Л.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Роль метрологии в ракетно-космической отрасли: точность, надежность и качество данных.

Метрология является неотъемлемой частью ракетно-космической отрасли, играя ключевую роль в обеспечении безопасности, эффективности и качества при запусках космических аппаратов.

Метрология в ракетно-космической отрасли

Метрология — это наука об измерениях, которая устанавливает стандарты, методы и точные единицы измерения для различных физических величин. В ракетно-космической отрасли метрология служит основой для:

- Точности и надежности: Она обеспечивает точность и надежность измерений и калибровок, гарантируя соответствие всех параметров установленным техническим требованиям.

- Безопасности: Метрологические процессы гарантируют, что все критические измерения выполнены правильно и соответствуют установленным нормам, предотвращая потенциальные аварии и сбои.

- Эффективности: Оптимизированные и стандартизированные измерительные процессы повышают эффективность и снижают затраты при разработке и эксплуатации космических аппаратов.

Калибровка и эталоны

Калибровка — это процесс проверки и регулировки измерительных приборов путем сравнения их показаний с известным эталоном. В ракетно-космической отрасли калибровка:

- Устанавливает единую измерительную систему для различных приборов и компонентов.

- Обеспечивает прослеживаемость измерений к национальным или международным стандартам.

- Гарантирует соответствие показаний приборов установленным допускам, повышая точность и надежность.

Информационные технологии в метрологии

В последнее время в метрологии ракетно-космической отрасли все чаще используются информационные технологии. В частности, программы с пользовательским интерфейсом позволяют:

- Автоматизировать процесс загрузки данных из электронных таблиц (например, Excel) в базы данных.

- Упрощать внесение изменений и корректировок в базы данных.

- Доступ к данным и управление ими в централизованном и стандартизированном виде.

Преимущества информационных технологий

Интеграция информационных технологий в метрологические процессы приносит ряд преимуществ:

- Повышенная точность: Автоматизация сводит к минимуму человеческие ошибки в процессе обработки и записи данных.

- Повышенная эффективность: Автоматизация сокращает время и трудозатраты, связанные с ручным вводом данных.

- Улучшенное качество данных: Информационные технологии обеспечивают целостность данных и предотвращают несоответствия, улучшая качество данных, используемых при принятии решений.

- Упрощенный доступ: Централизованные базы данных позволяют легко получать доступ к данным и управлять ими с различных устройств.

- Расширенные возможности анализа: Информационные технологии облегчают анализ данных, позволяя выявлять тенденции и улучшать процессы принятия решений.

Вывод

Метрология играет жизненно важную роль в ракетно-космической отрасли, обеспечивая точность, надежность и качество измерений и калибровок. Интеграция информационных технологий в метрологические процессы еще больше повышает точность и эффективность, улучшает качество данных и упрощает доступ к информации. Эти достижения способствуют успешным космическим запускам, повышают безопасность и прокладывают путь к будущим инновациям в освоении космоса.

Список используемых источников:

1. Метрологическое обеспечение. — [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://metro.ru/html/Stati/metrolob/razvitiemo.html> (дата обращения 08.02.2024 г.)

2. Развитие нормативно-правовой базы метрологического обеспечения ракетно-космической промышленности. — [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://tmnpo.ru/node/602> (дата обращения 08.02.2024 г.)

Электричество. Потребление и сбережения

Алиева А.М.

Научный руководитель — Акжанова А.Е.

КГУ, Кызылорда, Казахстан

Ресурсы возобновляемой энергетики Республики Казахстан огромны. Количество солнечной энергии, достигающей территории республики, превышает энергию всех запасов нефти, газа, угля и урана в Казахстане за одну неделю.

Среднегодовая продолжительность солнечного света в Казахстане очень велика — 2000–3000 часов. Например, на севере, в Костанайе, оно равно 2132 часам. А на юге, в Кызылорде, этот показатель составляет 3062 часа. То есть солнечной электростанции требуется в среднем 6 часов, чтобы накопить необходимую мощность. По этой причине мы решили изучить эффективность солнечных батарей как альтернативного источника энергии.

Сетевая станция — это солнечная электростанция, которая генерирует электроэнергию из солнечного света, проходящего через солнечные панели, и подключается к общественной сети. Таким образом, сетевая солнечная электростанция может автономно снабжать ваш дом электроэнергией, а также передавать излишки электроэнергии в общую сеть по высокому «зеленому тарифу».

Сегодня для коммерческих и частных домовладений устанавливаются три типа солнечных электростанций:

Каждый из вышеперечисленных типов солнечных электростанций имеет множество преимуществ, однако сетевые станции имеют и свои преимущества:

1. простота реализации;
2. максимальная надежность за счет небольшого количества элементов;
3. минимальное обслуживание;
4. низкая стоимость по сравнению с другими типами солнечных электростанций;
5. возможность продажи электроэнергии государству по «тарифу».

По этой причине были проведены расчеты по определению эффективности сетевой электростанции.

Электричество позволяет нам поддерживать различные электрические устройства, глобальную сеть. То есть значение электричества огромно. Учитывая ее важность, мы искали способы экономить и эффективно потреблять электроэнергию.

Рассчитаны затраты энергии на освещение школьных классов и комнат дома. В результате использование светодиодных фонарей снижает потребление энергии и счета. Доказано, что фонари служат дольше и безопаснее.

Предложение

1. Для частных домов и школьных классов рекомендуется использовать светодиодные светильники.

2. Рекомендуется заменить компьютеры на моноблоки и увеличить количество моноблоков.

3. В здании школы рекомендуется использовать светодиодные солнечные прожекторы.

4. Рекомендуется установить солнечную электростанцию в частном доме и школе.

Результат

1. Мы сэкономим деньги, улучшим социальное положение народа.

2. Мы защищаем природу и не загрязняем воздух. Мы не причиняем вреда животным и насекомым.

3. Мы защищаем здоровье населения.

4. Каждое здание самообеспечено электроэнергией, и мы экономим энергетические запасы нашей страны.

5. Как чистый потребитель, мы можем продать увеличившиеся запасы энергии и получить дополнительный доход.

Список используемых источников:

1. Интернет ресурсы: <http://www.advicehome.ru>, <http://elektrik.info>, <https://greendem.kz>, <https://adilet.zan.kz>, <https://www.ktez.kz/>

2. Кораблев В. П. «Экономия электроэнергии в быту». М.: Энергоатомиздат, 1987.
3. Лаврус В.С. «Источники энергии». К.: ННТ, 1997.
4. Козлов А.Т. Гашо Е.Г. Зайцев А.Ф. Эколого-экономические проблемы региона. Монография. — Воронеж: «Квадрат», 1995 г.
5. Электричество. Шаг за шагом. Рудольф Сворень, ДМК Пресс 2018, 112 с.
6. Возобновляемые источники энергии в мире и в России. МГИМО-Университет. С.З.Жизнин, М.В. Дакалов. Москва: Экс-мо, 2020. 205 с.
7. Тесла: Пророк электричества. Евгений Матонин. О.Файг. — Москва: Экс-мо, 2023. 256 с.
8. Мир под напряжением. История электричество: опасности для здоровья, которых мы ничего не знали/Артур Ферстенберг: — Москва: Эксмо, 2022. 512 с.

Автоматизированная обучающая система для подготовки к единому государственному экзамену по дисциплине «Обществознание»

Альмухаметов Р.Д., Шаукенов М.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

При переходе к цифровому обществу, приоритетом для любого индивида является высокооплачиваемая и престижная работа, которая невозможна без получения высшего образования. Основным аспектом его получения служит успешная сдача единого государственного экзамена.

Целью работы является сравнительный анализ аналоговых автоматизированных систем обучения для подготовки к единому государственному экзамену; а также разработка собственной автоматизированной обучающей системы с применением искусственного интеллекта.

Итак, проведем краткий анализ основных аналоговых автоматизированных систем обучения для подготовки к единому государственному экзамену:

1) система управления обучением «Moodle» (Австралия) является уникальным решением для электронного дистанционного обучения. Это масштабируемая, настраиваемая и безопасная платформа с обширным набором функций, являющейся одной из передовых в своей сфере. Основная категория продукта в SOWARE — система управления обучением LMS. Вид продукта — система, интернет-сервис. Интерфейс — macOS, веб-браузер, iOS, Windows, Android. Особенности данного программного продукта: организация процессов обучения в компании; координация и управление знаниями; управление компетенциями; настройка под процессы и организационную структуру компании. Недостатки «Moodle»: сложность в настройке системы, в использовании потенциальными пользователями; некоторые функции и настройки требуют больше времени для их освоения.

2) «iSpring Suite» (Россия) — это конструктор курсов, позволяющий создавать качественные образовательные материалы высокого качества с применением интуитивно понятного интерфейса программы. Основная категория продукта в SOWARE — система управления обучением LMS. Вид продукта — программа. Интерфейс — веб-браузер, iOS, Windows, Android. Особенности данного программного продукта: обширный функционал создания и публикации курсов; совместимость с системами дистанционного обучения по общепринятым стандартам; интеграция с программной системой Microsoft Power Point; обширная база шаблонов курсов. Недостатки «iSpring Suite»: трудоемкая настройка системы; дороговизна; имеет ограничения по размеру файлов.

3) eLearning Server 4 G (Россия) — это модульная программная образовательная платформа, позволяющая организовать дистанционное и очное обучение с применением интерактивных возможностей создания учебных программ и проведения коммуникаций для вовлеченности в учебный процесс. Основная категория продукта в SOWARE — система дистанционного обучения (СДО). Вид продукта — система, интернет-сервер. Интерфейс — веб-браузер. Особенности данного программного продукта можно разрабатывать и планировать учебные сессии, программы обучения, настраивать параметры курса,

разрабатывать учебные материалы (контент). Недостатки» eLearning Server 4 G: дороговизна; требует инвестиций в оборудование.

На основе выявленных рассмотренных преимуществ и недостатков выше рассмотренных аналоговых, автоматизированных систем обучения предлагается разработать собственную обучающую систему для подготовки к единому государственному экзамену по дисциплине «Обществознание». Данная система позволит распознавать ответы обучающихся в развёрнутом виде при решении второй части экзаменационных вопросов по предмету «Обществознание», и с помощью искусственного интеллекта проводить лингвистический анализ и проверять процессы соответствия оригинального ответа истинному.

Список используемых источников:

1. Сайт разработчиков системы электронного обучения «Moodle»: Режим доступа: <https://moodle.org/>

2. Сайт разработчиков конструктора курсов «iSpring Suite»: Режим доступа: <https://www.ispring.ru/ispring-suite>

3. Сайт разработчиков модульной образовательной платформы eLearning Server 4 G: Режим доступа: <https://hypermethhod.ru>

4. Трофимова В.В. Информационные системы и цифровые технологии: учебное пособие. Часть 2 / под общ. ред. проф. В.В. Трофимова и В.И. Кияева. — Москва: ИНФРА-М, 2021.

Анализ стратегического управления развитием организаций в современных условиях

Бактыбайкызы Айдана

Научный руководитель — Вербицкая О.А.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Стратегическое управление в современных реалиях является одним из столпов стабильного развития организаций всех форм собственности. Одновременно оно выступает действенным инструментом выстраивания перспектив деятельности, учитывающим инвариантность и темпы изменения факторов внешней конкурентной среды.

Его задача — обеспечить компании гибкость внутренних процессов, смягчить возможные негативные колебания рынка, обеспечить конкурентные преимущества и стабильное развитие в долгосрочной перспективе.

В центре этого процесса всегда стоит планирование. Это разбивка поставленных перед организацией целей и задач в долгосрочной перспективе, учет темпов развития и ключевых особенностей функционирования отдельных процессов и направлений деятельности фирмы.

Правильное сочетание применяемых инструментов позволяет выбрать вектор и повысить эффективность деятельности предприятия в целом в рассматриваемом временном горизонте.

Актуальность исследования определяется высокой степенью значимости выбора стратегической позиции для функционирования и развития хозяйствующего субъекта в условиях изменяющейся рыночной среды и высокой конкуренции. Подобная тенденция сегодня практически во всех отраслях экономики.

В работе рассмотрены вопросы и проблемы стратегического планирования, а также влияние ключевых фундаментальных факторов на процессы управления современным предприятием.

Также рассмотрена эффективность применения наиболее известных методов исследований конкурентной среды на деятельность современных организаций: SWOT-анализ; PEST-анализ; модель «Пять сил» М. Портера.

Список используемых источников:

1. И.Н. Маврина «Стратегический менеджмент» — [Электронный ресурс] — https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/28666/1/978-5-321-02372-3_2014.pdf

2. Н.А. Дубровина, Ю.И. Рязева «Стратегический менеджмент» — [Электронный ресурс] -http://repo.ssau.ru/bitstream/Uchebnye-izdaniya/Strategicheskii-menedzhment-99076/1/978-5-7883-1772-4_2022.pdf

3. Анализ стратегического управления развитием организаций в современных условиях – [Электронный ресурс] — <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-strategicheskogo-upravleniya-razvitiem-organizatsiy-v-sovremennyh-rossiyskih-usloviyah/viewer>

Проектирование универсальных наземных испытательных комплексов

Беленьков К.Е.

Научный руководитель — Загоруйко С.Н.

ПАО «РКК «Энергия», Байконур, Казахстан

Данная работа посвящена вопросам проектирования современных универсальных наземных испытательных комплексов для проведения испытания изделий космического назначения. Анализ существующих наземных испытательных комплексов показывает:

- Используемые вычислительные системы имеют избыточную вычислительную мощность для решения поставленной задачи
- Часто используется узкоспециализированное оборудование, выпускающееся мелкими сериями;
- Наземная кабельная сеть часто имеет большую протяженность, так как проложена от рабочего места оператора до места проведения испытаний;
- Масштабируемость используемых наземных испытательных комплексов крайне ограничена или совсем невозможна.

Все это приводит к удорожанию наземных испытательных комплексов.

Для решения указанной проблемы в данной работе предлагаются принципы построения универсальных наземных испытательных комплексов. В качестве примера при построении простого наземного испытательного комплекса приведено оборудование отечественного предприятия «Завод МикроДАТ». Использование массово выпускаемого промышленного оборудования позволит снизить итоговые затраты.

Универсальность комплекса будет достигаться за счет разбиения его на модули. Каждый модуль выполняет простую задачу. Если требуется расширить функциональность, то добавляется соответствующий модуль. Обмен данными между модулями осуществляется с использованием сети Ethernet. Если место оператора имеет большую удаленность, то для обмена данными будет использоваться оптический канал связи.

Применение сети Ethernet позволяет использовать одну линию связи для нескольких универсальных наземных комплексов от места проведения испытаний до рабочих мест операторов. Модули для проведения испытаний могут располагаться в непосредственной близости от места испытаний. Это позволяет снизить количество применяемой кабельной продукции.

Место оператора может представлять как отдельное вычислительное устройство, для простых комплексов, так и выступать терминалом связывающимся с сервером для крупных комплексов.

Предлагаемый подход позволит ускорить процесс создания нового наземного испытательного комплекса и возможности по его модернизации или изменению его функциональности.

Список используемых источников:

1. Современная архитектура построения интегрированных статодинамических модульных информационно-измерительных систем комплексных испытаний авиационной и ракетно-космической техники URL: <https://isup.ru/articles/16/408/>

2. Прус Н.В. Применение современных открытых магистрально- модульных стандартов при тестировании ракетно-космической техники / Н.В. Прус // Научный альманах: сб. материалов Международной научно-практической конференции Перспективы развития науки и образования [Электронный ресурс]. — Тамбов, 2016.

Решение задачи оптимизации величины начального угла установки приводного элемента установочного оборудования ракет-носителей лёгкого класса

Ворона А.Т.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Сизов А.А.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Установочное оборудование предназначено для установки изделия на пусковой стол и снятие его при несостоявшемся пуске. Операция "установка изделия" является составной частью технологического процесса, который зависит от типа, массы, габаритов изделия и особенностей подготовки его к пуску.

В действующих ракетно-космических комплексах эта операция выполняется с помощью специальных агрегатов — установщиков (транспортно-установочных агрегатов или подъёмно-установочных агрегатов), в некоторых случаях используют мостовые краны.

В общем случае операция "установка" включает следующие основные этапы:

- Перевод из горизонтального положения в вертикальное;
- Ориентирование изделия или его составных частей в пространстве для совмещения опорных элементов изделия с опорными точками элементов конструкции пускового стола;
- Передача веса изделия с узлов крепления его на подъёмном устройстве на опорные элементы пускового стола.

При установке на пусковой стол, изделие совершает в пространстве сложные перемещения с помощью установочного оборудования. Основными требованиями являются:

- Установка должна осуществляться быстро и плавно с допустимой перегрузкой;
- Конструкция узлов крепления корпуса изделия должна исключать его местные повреждения;
- Установочное оборудование должно обеспечивать заданный уровень запаса устойчивости.

Механизмы подъема изделий в вертикальное положение — сложные составные части наземного оборудования. При одних и тех же нагрузках они, в зависимости от рациональности выбора их геометрических параметров, могут иметь существенно различающуюся массу.

В данной работе рассмотрены вопросы, связанные с выбором рациональных геометрических параметров механизмов подъема изделий. Задав параметры нагрузки на механизм подъема изделия, можно получить оптимальные значения начальных углов установки элементов механизма подъема, что в итоге обеспечивает выбор рациональных основных параметров гидравлического привода (гидроцилиндров).

Размеры применяемых в установщике гидроцилиндров существенно зависят от взаимного расположения точек крепления гидроцилиндра на раме установщика и на подъёмной стреле. При переводе изделия в вертикальное положение приводной механизм должен обеспечивать выполнение этого условия. Поэтому величина развиваемой силы приводного механизма зависит начального угла его установки.

Основная задача заключается в выборе оптимального начального угла установки приводного элемента установщика. Актуальность состоит в том, что решение данной задачи обеспечивает нахождение оптимальных углов установки, которые позволяют определить максимальные нагрузки на привод с последующим определением габаритных размеров гидроцилиндров.

Список используемых источников:

1. Технологические объекты наземной инфраструктуры ракетно-космической техники (инженерное пособие). Книга 1. Под общ. ред. д.т.н., профессора И.В. Бармина. — М., Полиграфикс РПК, 2005. — 376 с.
2. Игрицкий В.А. Оптимизационный расчет параметров гидравлического механизма подъема. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012, 21 с. URL: <http://hoster.bmstu.ru/~sm8/posobie/MU-gidr-meh-pod1.pdf/>
3. Стартовое оборудование. В 3 ч. Ч. 1 Пусковые установки подвижных грунтовых ракетных комплексов: учеб. пособие /А.Н. Громыко [и др.]. — М.: МАДИ, 2023 — 156 с.

Анатомия вирусов персональных компьютеров: механизмы заражения и способы воздействия

Гайдаров Т.А.

Научный руководитель — доцент, Кулепётова Н.Н.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

В современном информационном обществе, где компьютеры и интернет интегрированы во все сферы жизни, компьютерные вирусы представляют собой одну из наиболее актуальных угроз информационной безопасности. Ежедневно фиксируются тысячи новых вредоносных программ, способных нанести ущерб как рядовым пользователям персональных компьютеров, так и крупным организациям.

Изучение компьютерных вирусов, их механизмов заражения и способов воздействия приобретает особую актуальность в связи с:

1. Непрерывным ростом числа и сложности вредоносных программ. Киберпреступники постоянно совершенствуют свои методы, создавая все более изощренные вирусы, способные обходить антивирусное ПО.

2. Расширением спектра целей атак. Помимо традиционных целей, таких как кража данных и вывод из строя компьютерных систем, вирусы все чаще используются для кибершпионажа, кибердиверсий и других деструктивных действий.

3. Возникновением новых угроз. Появление Интернета, квантовых вычислений и других технологий требует переосмысления подходов к защите от компьютерных вирусов.

Объект исследования: компьютерные вирусы. Предмет исследования: механизмы заражения и способы воздействия вирусов на систему. Цели исследования: разработка антивирусного ПО и классификация вирусов по типам.

Результаты исследования могут быть использованы для:

1. Повышения осведомленности пользователей о компьютерных вирусах и методах защиты от них, включая разработку обучающих материалов и программ.

2. Разработки рекомендаций по обеспечению информационной безопасности для различных организаций и предприятий.

Список используемых источников:

1. Сайт компании «Лаборатория Касперского»: <https://www.kaspersky.ru/>

2. Сайт компании «Доктор Веб»: <https://www.drweb.ru/>

3. Сайт VirusTotal: <https://www.virustotal.com/>

4. Сайт Securelist: <https://securelist.com/>

Конструктор для построения и имитации работы микропроцессорных систем

Галата А.В.

Научный руководитель — Дронов А.А.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Разработка и программирование микропроцессорных систем является типовой задачей, решаемой как в рамках изучения дисциплин «Микропроцессорные системы», так и в ряде прикладных задач на предприятиях.

Предлагается разработать систему, автоматизирующую все заданные процессы и решающую следующие основные задачи:

1. Разработка программных моделей основных блоков микропроцессорных систем;

2. Сборка из готовых моделей МПС с заданными параметрами;

3. Программирование микропроцессорных элементов;

4. Моделирование работы полученной системы с заданным программным обеспечением.

Целью разрабатываемого продукта будет являться аналого-цифровая система обработки информации, которая включает в себя различные модели элементов микропроцессорных систем и упрощает процесс разработки и отладки изделия.

Предполагается двойное назначение продукта:

1) использование данной системы для обучения студентов основам проектирования и программирования микропроцессорных систем;

2) использование данной системы для упрощения процесса прототипирования и тестирования микропроцессорных систем, поддержка разработки специфических прикладных решений для различных отраслей промышленности.

Аналогом подобных систем являются такие продукты, как NI Multisim и Edsim51di. Недостатками аналогов является либо высокая сложность и стоимость среды разработки, либо закрытость архитектуры и невозможность добавить или отредактировать модули. Предполагается, что программа будет предоставлять открытую архитектуру, позволяющую добавлять, редактировать и модифицировать модули системы, а также доступность и простота использования в сравнении с аналогичными продуктами и гибкие возможности конфигурации системы под конкретные требования пользователей.

Список используемых источников:

1. Схемотехника ЭВМ. Учебное пособие по практическим занятиям — Казань: изд-во «Яз» 2013 г. URL: <https://676.su/laht> (дата обращения: 22.02.2024 г.).

2. Digital Integrated Circuits: A Design Perspective — URL: <https://web.mit.edu/~m.gholipour/VLSI/Book%2C%20Digital%20Integrated%20Circuits.%20A%20Design%20Perspective.pdf> (дата обращения: 23.02.2024 г.).

3. Интегральные микросхемы: Микросхемы для линейных источников питания и их применение. Издание второе, исправленное и дополненное — М. ДОДЭКА, г. Москва 1998 г. 400 с. — URL: https://www.elec.ru/files/2020/02/07/_A._V.Perebaskin_A._A._Bahmetev_M._YU._Petrov_I.PDF (дата обращения: 23.02.2024 г.).

Пушка Гаусса

Гришин Д.А.

Научный руководитель — Минина Д.М.

ГБОУ «Лицей «МКШ им. В.Н. Челомея», Байконур, Казахстан

Пушка Гаусса — одна из разновидностей электромагнитного ускорителя масс, названная в честь немецкого учёного Карла Фридриха Гаусса. Будучи вдохновленным примерами из научно-фантастических произведений, мной была поставлена цель — изучить устройство пушки Гаусса, принцип её работы, собрать действующую модель и оценить возможность применения в военной сфере.

В рамках теоретической части проекта, были изучены тематические статьи и видеоматериалы, опубликованные в сети Интернет. Был выяснен механизм работы пушки, основанный на принципе электромагнитной индукции. Кроме того, для составления оптимального плана работы и выяснения лучшей комбинации параметров будущей схемы, был проведён анализ данных, полученных при моделировании электромагнитного поля в системе: соленоид-снаряд, с помощью программного обеспечения FEMM.

В экспериментальной части была спроектирована электронная схема, по которой был собран функциональный макет пушки Гаусса. По итогам проведенных экспериментов, а именно стрелковых испытаний, установлены следующие преимущества модели: отсутствие гильз, малая отдача (ввиду отсутствия пороховых газов), бесшумность и беспламенность выстрела; также были выявлены существенные недостатки: низкий КПД, большой расход энергии, большая масса и габариты установки, длительная перезарядка конденсаторов для осуществления повторного выстрела.

Таким образом, можно сделать вывод, что в настоящее время данный метод ускорения масс крайне трудно применим в оружейной сфере, но может использоваться в любительских установках для демонстрации явления электромагнитной индукции и действия магнитного поля на ферромагнетики.

Современные технологии противопожарной защиты на космических пилотируемых кораблях

Даниярулы Ислам

Научный руководитель — Ем И.О.

ГБОУ СШ №4 им. В.П. Глушко, Байконур, Казахстан

12 апреля 1961 года на космодроме "Байконур" стартовал космический корабль «Восток-1» вместе с советским космонавтом Юрием Алексеевичем Гагариным. Это был исторический момент, ведь Гагарин впервые в мире совершил орбитальный полет вокруг планеты Земля, длившийся 108 минут. Этот день стал символом космической эпохи, днём триумфа науки и днём всех тех, кто связал свою жизнь с космической отраслью.

Стоит отметить, что пожарная безопасность занимает первостепенное место во всех космических программах. Большое количество различной аппаратуры, электрических связей и оборудования, которые работают при высоких температурах и нуждаются в кислородном обеспечении — все это требует особого внимания с точки зрения обеспечения пожарной безопасности.

С того дня средства и технологии противопожарной защиты на космических пилотируемых кораблях подверглись значительным изменениям. Современные технологии противопожарной защиты на космических пилотируемых кораблях играют важнейшую роль в обеспечении безопасности экипажа и предотвращении возникновения серьёзных аварийных ситуаций, а также успешного выполнения миссий в космосе.

Технологии противопожарной защиты на космических кораблях разрабатываются с помощью привлечения передовых разработок, научных исследований и квалифицированных кадров. Развитие новых огнезащитных материалов, систем раннего обнаружения возгораний, подготовка экипажа к пожару на космическом судне, а также создание инновационных приспособлений и более совершенного оборудования являются неотъемлемой частью дальнейшего прогресса в области космической индустрии.

Цель моего проекта заключается в изучении современных технологий, обеспечивающих пожарную безопасность космонавтов и научной аппаратуры, находящейся на космических пилотируемых кораблях.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить соответствующую литературу по данной теме.
2. Изучить новейшие технологии противопожарной защиты.
3. Рассмотреть химический состав и устройство специальных космических огнетушителей.
4. Ознакомиться с организацией противопожарного оборудования на космическом корабле.

Гипотеза исследования: неконтролируемый огонь является реальной опасностью на борту космического пилотируемого корабля.

Учитывая всю сложность и специфику космических пилотируемых кораблей, совершенствование технологий противопожарной защиты является главной и постоянной задачей для научно-инженерных команд, работающих в этой области. Только за счёт постоянного развития и внедрения новых технологий человечеству удастся обеспечить максимальную безопасность космических пилотируемых кораблей.

В результате проделанной работы мною был изучен материал, посвященный современным технологиям и различным средствам противопожарной защиты на космических пилотируемых кораблях.

Список используемых источников:

1. Романов С. Ю. Противопожарные средства космической станции.
2. Алексеев В. А., Андреева Т. В., Ивянский М.А., Романов С. Ю., Семенов А. В. Средства противопожарной защиты на пилотируемых орбитальных станциях.
3. Андреева Т.В., Иванов А. В., Марков А. В., Мелихов А. С., Романов С. Ю., Семенов А. В. Экспериментальные исследования процессов горения неметаллических конструкционных материалов при микрогравитации.

Разработка программного обеспечения организации образовательной деятельности дошкольного образовательного учреждения

Джарасов Н.О.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Жуматаева Ж.Е.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

В данной работе рассматривается разработка программного обеспечения (ПО) организации образовательной деятельности (ООД) дошкольного образовательного учреждения (ДОУ), которая выполняет следующие функции:

1) Формирование отчётности:

- По результатам методической активности педагогов за выбранный период;
- По результатам образовательной деятельности воспитанников;
- По результатам проведения педагогического мониторинга по группам и по ДОУ.

2) Составление расписания ООД в группах на учебный год.

3) Составление карты индивидуальной работы с воспитанниками.

4) Ведение картотеки методических материалов ООД.

5) Составление и ведение портфолио воспитанника.

6) Выгрузка наградных документов в оценочный лист эффективности деятельности педагога;

При выборе среды программирования для разработки программного обеспечения организации образовательной деятельности дошкольного образовательного учреждения необходимо учитывать следующие требования:

- Возможность объектно-ориентированного программирования;
- Язык программирования высокого уровня;
- Возможность работы с БД;
- Возможность Web-разработки.

Всем перечисленным требованиям отвечает язык Java. Он позволяет полностью реализовать поставленные задачи.

В результате, применение разработанного ПО позволит обеспечить автоматизацию формирования и ведения базы данных воспитателей и воспитанников, обеспечение доступа к наградным материалам воспитанников посредством веб-приложения, составление расписания ООД по группам ДОУ, что ведет к снижению количества ошибок при его составлении, составление отчётов по педагогическому мониторингу.

Список используемых источников:

1. Мониторинг в ДОУ [Электронный ресурс]. — <http://ds108mr.ru/wp-content/uploads/2016/05/monitoring-po-fgos-1.pdf> Дата посещения: 27.10.2023.

2. Мониторинг индивидуального развития детей дошкольного возраста. Методические рекомендации по подготовке и проведению мониторинга [Электронный ресурс]. — <https://staviropk.ru/attachments/article/389/Мет.%20рек.%20«Мониторинг».pdf> Дата посещения: 27.10.2023.

3. Приказ Министерства просвещения РФ от 25 ноября 2022г. №1028 «Об утверждении федеральной образовательной программы дошкольного образования».

Реализация работы УРД САС средствами СУДН

Дмитриев И.А.

Научный руководитель — Манузин И.И.

ПАО «РКК «Энергия», Байконур, Казахстан

На текущем этапе развития российской космонавтики используется транспортный пилотируемый корабль «Союз» в связке с РН «Союз 2.1.а» для доставки космонавтов на орбиту.

Обеспечение безопасности космонавтов в случае любых нештатных ситуаций, делающих невозможным вывод корабля на орбиту, обеспечивает система аварийного спасения (САС).

Задача САС: в случае опасности отвести обитаемые отсеки с экипажем на безопасное расстояние от неисправной ракеты-носителя и гарантировать работу системы посадки спускаемого аппарата.

САС автоматизирована и должна быть максимально надежной, простой и автономной, действуя с момента предстартовой подготовки до вывода корабля на орбиту.

За ориентацию корабля в пространстве во время работы САС, спуска на Землю, стыковкой и расстыковкой с международной космической станцией (МКС) отвечает система управления движением и навигацией (СУДН). Она обеспечивает расширенные возможности представления экипажу корабля и МКС необходимой информации для контроля состояния и функционирования системы на всех этапах полета и во всех режимах как автоматических, так и ручных.

Целью данного исследования является разработка модернизированной САС на базе обновленной системы управления движением и навигацией (СУДН). Предлагаемая модернизация предполагает отказ от устаревших гироскопических приборов и части оборудования, производство комплектов для которых прекращено. Модернизация позволит повысить точность определения пространственного положения головного блока космического корабля, что обеспечит его более безопасное отделение от ракеты-носителя в случае аварийной ситуации.

Список используемых источников:

1. Журнал «Все о космосе» [Электронный ресурс] — URL:<https://aboutspacejournal.net/>
2. Сайт Госкорпорации "Роскосмос" [Электронный ресурс] — URL:<https://www.roscosmos.ru/36315/>

Языковые аспекты взаимодействия на Международной космической станции: межкультурные коммуникации и лингвистические вызовы

Доброзий А.В.

Научный руководитель — Ким И.Р.

ГБОУ СШ №4 им. В.П Глушко, Байконур, Казахстан

Понятие межкультурной коммуникации лежит в основе взаимодействия представителей из разных культур и народов. Международная космическая станция (МКС) представляет собой уникальный научно-исследовательский комплекс, расположенный на орбите Земли. МКС является результатом сотрудничества множества стран, включая США, Россию, Европейский союз, Японию и другие. Этот международный подход делает МКС не только символом научного прогресса, но и примером успешного мирного сотрудничества в космосе. В данной работе рассматриваются особенности межкультурной коммуникации на космической станции и принятые языки общения.

На борту МКС проводятся исследования в различных областях, таких как биология, физика, медицина, астрономия и инженерные науки. Ученые из разных стран используют станцию для изучения воздействия космической среды на человека, тестирования новых технологий и разработки методов для долгосрочных космических миссий, таких как полеты на Марс или в другие дальние космические точки.

Благодаря МКС человечество приобретает ценные знания о космической среде и разрабатывает инновационные подходы к исследованиям космоса, что делает эту станцию одним из самых важных объектов в истории освоения космоса.

Международная космическая станция (МКС) — результат коллективного труда инженеров из разных стран, включая наших соотечественников, что отразилось в установке на нее модулей российского производства. Русский язык играет ключевую роль на МКС: техническая документация, операции и инструкции по безопасности написаны на нем. С 2011 года астронавты достигают МКС только на российских космических кораблях «Союз», и важные процессы, такие как стыковка и расстыковка корабля, организованы на русском языке. По правилам NASA, американские астронавты должны владеть русским языком как минимум на уровне Upper-Intermediate (B2), что является сложным вызовом: среднему курсанту

требуется около 1100 часов занятий, что почти в два раза больше времени, необходимого на изучение французского языка.

На МКС также ценится знание английского языка, который является официальным языком станции. Обучение астронавтов основам русской культуры и традиций смягчает межкультурные барьеры и способствует улучшению рабочих и дружеских отношений. Совместный просмотр советского фильма «Белое солнце пустыни» перед вылетом стал одной из таких традиций на МКС.

Российские космонавты и американские астронавты владеют не только русским и английским, но и смешанным языком — «рунглишем», что облегчает их взаимодействие. Этот уникальный языковой феномен был замечен на МКС в 2000 году и стал результатом естественного слияния двух культурных и лингвистических традиций.

На МКС, где астронавты разных стран работают бок о бок, многие общие термины и понятия используются на смеси русского и английского языков, создавая своеобразный «рунглиш». Например, фразы вроде «помоги мне асап» или «всё прошло саксесфул» стали обычным делом.

Кроме того, важную роль играет невербальное общение. Жесты часто придают эмоциональную окраску разговорам и могут быть единственным средством передачи информации. Но даже жестовые языки различаются, включая территориальные и культурные особенности. Например, Великобритания и США имеют разные жестовые языки, несмотря на общий звуковой язык — английский.

Идея создания жестовой «космической» терминологии возникла в 2009 году, а в 2017 году был выпущен первый словарь астрономических терминов для жестовых языков, объединяющий около 30 языков. Этот словарь содержит около 70 наиболее употребительных терминов, связанных с космосом, и используется как в обычных разговорах, так и в образовательных учреждениях.

Список используемых источников:

1. Аниконова А.А. Особенности теории и практики межкультурной коммуникации на космических станциях : сб. материалов IX Международной научно-практической конференции, посвященной Дню космонавтики / Актуальные проблемы авиации и космонавтики, 2023. 1016 с.

2. Орлова Л.В. Межкультурная коммуникация как основа глобальной культурной системы сообщества космонавтов // Парадигма. 2021. № 2. С. 21–27.

3. Рюмин О.О., Бубеев Ю.А. Межпланетные пилотируемые экспедиции: особенности подготовки многонациональных экипажей // Воздушно-космическая сфера. 2021. № 2. С. 12–22.

Автоматизированная система распознавания и расчёта электрических цепей

Должанская К.А., Сгибнева Е.А., Толбаева З.Е.

Научный руководитель — Дронов А.А.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Расчет электрических цепей является типовой задачей, решаемой как в рамках изучения дисциплин электротехника и электроника, так и в ряде прикладных задач. Существует достаточно большое количество методов расчета, основанных на работе с матрицами, описывающих конфигурацию цепей. Основные этапы расчета электрических цепей: составление топологических уравнений в соответствии с выбранным методом расчета, представление их в матричной форме, расчет заданных значений. Расчет полученной системы уравнений является типовым и не представляет сложностей с программной и алгоритмической точки зрения.

Предлагается разработать систему, автоматизирующую все заданные процессы и решающую следующие три основные задачи:

1. Автоматическое распознавание схемы исходной электрической цепи;
2. Составление по результатам распознавания исходной цепи топологических уравнений в матричной форме;

3. Решение полученных систем уравнений соответствующими методами (по уравнениям Кирхгофа, методами контурных токов, узловых потенциалов, наложения и эквивалентного генератора).

Целью разрабатываемого продукта будет являться типовое решение задач и расчет электрических цепей, то есть определение токов в каждой ветви по исходной схеме данной цепи.

Предполагается двойное назначение продукта:

- 1) прикладная система расчета электрических цепей;
- 2) использование данной системы в процессе обучения.

Следовательно, на выходе будет даваться не только готовое решение, но и промежуточные результаты, демонстрирующие ход решения.

Особенностью электрических цепей является конечный набор графических компонентов. На первом этапе будут рассмотрены цепи с небольшим количеством графических элементов (источники напряжения и тока, сопротивления, емкости и индуктивности) с наличием ортогональной связи друг с другом. В дальнейшем предполагается расширить диапазон рассчитываемых цепей за счет введения новых графических элементов (полупроводниковые элементы).

Список используемых источников:

1. Алгоритмы распознавания объектов / А. А. Цветков [и др.]. // Технические науки: проблемы и перспективы: IV Междунар. науч. конф. июль 2016 г. — URL: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/166/10825/> (дата обращения: 20.02.2024).

2. Алгоритм распознавания принципиальных электрических схем на этапе проектирования информационно-измерительных систем / В.А. Секачев [и др.] // Эл. науч. жур. «Инженерный вестник Дона». 2018 г. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-raspoznavaniya-printsipialnyh-elektricheskikh-shem-na-etape-proektirovaniya-informatsionno-izmeritelnyh-sistem/viewer> (дата обращения: 20.02.2024).

3. Handwritten Electric Circuit Diagram Recognition: An Approach Based on Finite State Machine / Lakshman Naika R [и др.] // International Journal of Machine Learning and Computing, Vol. 9, No. 3, June 2019.

Электроракетные двигатели

Донской И.О.

Научный руководитель — Сизова А.Г.

ГБОУ СШ №10 им. В.П. Бармина, Байконур, Казахстан

«Исследуя бесконечные просторы космоса, человечество, надеюсь, пересечет границы атмосферы и распространится в околосолнечном пространстве», — объявил Константин Эдуардович Циолковский, выдающийся русский ученый, основоположник современной космонавтики и мудрец из Калуги.

Циолковский убежденно повторял, что главное для него — «не упустить возможность прожить бессмысленную жизнь» и сделать нечто полезное для человечества. И Циолковский достиг своей главной цели, его выводы внесли огромный вклад в область ракетостроения и исследование космоса. Именно он пришел к выводу о необходимости использования «ракетных поездов» — прототипов многоступенчатых ракет.

На протяжении всей своей истории человечество увлекалось звездами, что подтверждают научные труды древних астрономов.

Возможно впервые, мечта человека о полёте реализовалась в Китае в VI веке нашей эры, где в качестве наказания человека привязывали к воздушным змеям и отправляли в полёт.

В Аль-Андалусе, Аббас ибн Фарнас впервые совершил управляемый полет на дельтаплане. Леонардо да Винчи выжал свою мечту о полёте, но не воплощал свои идеи в реальность. Возможно, около 400 г. до н. э. Архит Тарентский, древнегреческий философ, математик, астроном, разработал первый летательный аппарат, который представляет собой модель птицы и, согласно источникам, пролетел около 200 метров. Возможно, эта машина под названием «Голубь», во время полёта подвешивалась на тросе.

Первый общеизвестный полет человека совершил в Париже в 1783 году Жан-Франсуа.

Пилатр де Розье и Маркиз де Арланд пролетели 8 километров на воздушном шаре, сконструированном братьями Монгольфье. Запуски воздушных шаров стали популярным развлечением в Европе в конце 18 века, поэтому люди начали покорять высоту и атмосферу.

27 августа 1867 года отставной артиллерийский капитан Николай Афанасьевич Телешов запатентовал во Франции свое изобретение — проект дельтаплана и вентиляторный двигатель, получивший название «тепловоздушный двигатель» и представлявший собой образец подобных современных двигателей.

Реактивный двигатель объединяет сам двигатель с движителем, то есть создает силу тяги только за счет взаимодействия с рабочим телом, без опоры и контакта с другими телами.

Электроракетный двигатель (ЭРД) представляет собой инновационное устройство, функционирующее на основе принципа превращения электрической энергии в заметную кинетическую энергию частиц. Идея применения электрической энергии в реактивных двигателях зародилась еще в зарождающиеся годы развития ракетной техники и была высказана выдающимся ученым Константином Эдуардовичем Циолковским.

Электрический тепловой ракетный двигатель — это уникальный вид электрического ракетного двигателя, характеризующийся использованием электрической энергии для нагрева рабочего тела, а именно газа. Интересно отметить, что первая в мире рабочая модель такого двигателя была разработана еще в 1929 году в газодинамической лаборатории Ленинградского физико-технического института под руководством выдающегося специалиста в области ракетостроения, Глушко В.П.

Одной из основных задач по совершенствованию космических аппаратов является увеличение срока их службы, повышение надежности систем и полезной нагрузки, а также оптимизация их массы. В этом контексте эффективное использование электроракетных двигателей может оказаться ключевым решением. Такие двигательные установки базируются на использовании электрической энергии, получаемой от бортовой энергоустановки космического аппарата, для создания тяги. Это открывает новые перспективы и возможности в развитии космической технологии, а также способствует достижению поставленных целей.

Электрические ракетные двигатели, в отличие от химических, обладают меньшей тягой. Однако, они непременно выигрывают в скорости достижения отдаленных целей. Если говорить о медленных путешествиях на большие расстояния, то лучшим вариантом будут именно электроракетные двигатели. В то же время, для быстрых перелетов на короткие дистанции идеально подойдут химические ракетные двигатели.

Моделирование тепловых режимов криогенных компонентов ракетного топлива в баках летательных аппаратов

Досболов Р.Д.

Научный руководитель — доцент, Свяжин А.В.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Криогенный топливный ракетный бак представляет собой цилиндр из металла, который частично заполнен жидкостью, а частично газом, и, обычно, обернут теплоизоляцией. Внутри такого бака обычно установлены заборные устройства и дренажный клапан, а также могут присутствовать перегородки для уменьшения колебаний жидкости. Условия хранения баков с топливом на земле и во время полета могут значительно различаться, включая перегрузку, ее направление и интенсивность нагрева бака. Анализировать хранение топлива при различных условиях и геометрии бака с подвижной границей между фазами является очень сложной задачей. Однако в научной сфере распространено исследование влияния различных параметров на модельных примерах.

Используем следующие допущения:

- Межфазную поверхность принимается плоской;
- Перепады температуры в жидкости достаточно малы;
- Давление и температура на зеркале жидкости связаны кривой насыщения;

- Скорости движения в обеих фазах компонента в баке существенно меньше скорости звука;

- Температура межфазной поверхности однородна.

В данной работе рассмотрены вопросы, связанные с моделированием процессов тепломассообмена в паре, жидкости и стенке топливного бака при заправке и бездренажном хранении криогенного компонента топлива.

Выделим следующие цели рассматриваемого моделирования:

- Определение требований к системе температурной подготовки КРТ стартового комплекса;

- Выбор рациональных параметров систем заправки КРТ(диаметров и протяженности магистралей, параметров теплоизоляции трубопроводов);

- Определение оптимальных материалов и параметров средств теплозащиты оболочек баков.

Теплообменные процессы с участием криогенных КРТ можно разделить на две группы:

- Процессы, протекающие непосредственно при заправочных операциях;

- Процессы, протекающие в ракетном баке при тепломассообмене с ракетным топливом в режимах "стоянка" и полёте.

Рассматриваемая в работе математическая модель включает в себя отдельные модели тепломассообмена движущегося потока компонента в трубопроводе и модели тепломассообмена в ракетном топливном баке.

Расчетный анализ с использованием моделирования позволяет выбрать рациональные технические решения:

- По расположению емкостей хранения криогенного компонента на стартовом комплексе;

- По параметрам магистралей подачи и их теплоизоляции;

- По требуемому значению температурной подготовки топлива на момент начала заправки;

- По проведению операции предварительного захлаживания магистралей и полостей топливных баков;

- По требуемым параметрам теплоизоляции стенок топливных баков.

Список используемых источников:

1. Технологические объекты наземной инфраструктуры ракетно-космической техники (инженерное пособие). Книга 2. Под общ. ред. д.т.н., профессора И.В. Бармина. — М., Полиграфикс РПК, 2006. — 376 с.

2. Шарапова В.С., Торпачев А.В. Основы проектирования систем заправки и газоснабжения ракет космического назначения. Учебное пособие для вузов. — М.: Типография КБТМ, 2008. — 145 с.

3. В. А. Барилович, Ю. А. Смирнов Основы технической термодинамики и теории тепло-и массообмена: Учебное пособие, Издательство «Лань», 2015. — 432 с.: ил.

3д модель школы изучения космического пространства

Дузенев Н.Н.

Научный руководитель — д.т.н. Акжигит Ж.Б.

КГУ «Школа имени Абая со специализированными классами для одаренных детей с обучением на трех языках», Кызылорда, Казахстан

Мой проект представляет из себя 3д модель школы астрономии. Я выбрал 3д моделирование, а не просто чертеж, потому что 3д модель позволяет более детально визуализировать все детали вплоть до мелких болтов, что в свою очередь позволит увидеть как будет выглядеть здание и какой дизайн к нему лучше подойдет. При размышлении над темой я опирался на актуальность и практическое значение. После того как мною была подобрана тематика, я начал создание 3д модели. Я использовал такие программы как Blender и TwinMotion.

По тематике школы, многие могут подумать о несерьезности проекта из-за астрономии, многие считают астрономию не таким большим отраслем науки, что бы посвящать ему отдельные школы, но современная астрономия разделяется на несколько взаимосвязанных разделов, хотя грани между ними условны. Основные направления включают:

1. Астрометрия: Изучает положения и движения светил. Фундаментальная астрометрия занимается определением координат небесных тел, составлением каталогов звездных положений и численным определением астрономических параметров. Сферическая астрономия разрабатывает математические методы для определения положений и движений небесных тел.

2. Теоретическая астрономия: Предоставляет методы определения орбит небесных тел и вычисления эфемерид. Рассматривает обратную задачу, используя известные элементы орбит.

3. Небесная механика: Исследует законы движения небесных тел под воздействием гравитационных сил, определяет их массы, форму и устойчивость систем.

4. Астрофизика: Рассматривает строение, физические и химические свойства небесных объектов. Подразделяется на наблюдательную и теоретическую астрофизику.

5. Звездная астрономия: Изучает закономерности распределения и движения звезд, звездных систем и межзвездной материи, учитывая их физические особенности.

6. Космохимия: Анализирует химический состав космических тел и законы распределения химических элементов во Вселенной.

7. Космогония и Космология: Рассматривают происхождение и эволюцию небесных тел, а также общие законы строения и развития Вселенной соответственно.

Все эти разделы совместно решают вопросы об исследовании движения, строения и происхождения небесных тел. Археoaстрономия, в свою очередь, занимается изучением астрономических знаний древних цивилизаций и помогает в датировании древних сооружений.

В итоге как мы видим, астрономия это довольно серьезная наука, и является довольно важным аспектом если мы хотим покорить космос.

Данная школа будет оборудована новейшими технологиями, для наглядного изучения космического пространства. Так же мы предлагаем дополнить систему обучения астрономии, добавив туда 3д моделирование и Искусственный Интеллект.

В итоге наш проект нацелен на создание астрономической школы, для повышения уровня образования в сфере астрономии, а также для привлечения заинтересованных лиц, будь то ученик что хочет постичь тайны нашего космоса, или взрослый, что хочет совершить открытие.

Список используемых источников:

1. Wikipedia

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%8F>

Анализ скафандров для исследования новых горизонтов

Камысбаева С.М.

Научный руководитель — к.т.н. Колодяжная И.Н.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Исследования планет Солнечной системы, такие как Марс и Луна занимают приоритетное место в космической отрасли нашей страны. Эти небесные тела являются потенциальными космическими базами для миссий и колонизации, а их изучение помогает разработать технологии выживания в уникальных условиях.

В работе проводятся исследования существующих видов скафандров для выхода в открытый космос Земли, производителями которых являются Россия и США.

Основной задачей исследования является выбор и модернизация скафандров российского производства, применяемых для выхода в открытый космос путем подбора материалов герметичного слоя скафандра и нанесения защитных покрытий для адаптации к атмосфере планет Марса и Луны.

Проведен сравнительный анализ атмосфер Земли, Луны и Марса. Средняя температура поверхности Земли составляет около 288 К. Основную часть атмосферы Земли составляет азот, остальное кислород и другие газы. На Луне отсутствует атмосферное давление, она состоит в основном из разреженных газов, такие как гелий, водород и аргон. Средняя температура поверхности Луны составляет около 250 К. Марс имеет давление у поверхности, составляющий около 0,6 % от земного давления. Средняя температура поверхности Марса составляет 210 К. Состав углекислый газ с небольшим содержанием азота и аргона.

Так как атмосфера и характеристики этих планет отличаются от характеристик планеты Земля, необходимо модернизировать скафандры с учетом особенностей Марса и Луны.

Структура скафандра состоит из нескольких слоев, особое внимание необходимо уделить герметичному слою, который является основным для защиты человека от внешних воздействий. Так как на Луне серьезные проблемы создают механические смеси, входящие в состав космической пыли, верхний слой необходимо обработать антифрикционными составами. В скафандрах для Марса необходимо обработать герметичный слой напылением, предотвращающий влияние солнечной и других видов радиации, таким как свинцовое нано-напыление. Основой этого герметичного слоя предлагается использовать полиуретановые материалы.

Список используемых источников:

1. Колодяжная, И.Н. Исследование материалов для скафандров, применяемых в космическом пространстве / И.Н. Колодяжная, И.В. Сгибнева // Наука и бизнес: пути развития. — М.: ТМБпринт. — 2020. — № 1(103). — С. 13–17.
2. Жизнеобеспечение в космосе. Космические скафандры.
http://www.astronaut.ru/bookcase/books/sharp01/text/37.htm?reload_coolmenu
3. Шибанов Г.П. Обитаемость космоса и безопасность пребывания в нем человека / Г.П. Шибанов. — М.: Машиностроение, 2007. — 543 с.: ил.

Является ли терраформирование решением проблемы перенаселения?

Кузнецов А.М.

Научный руководитель — Мамедова Наргила
ГБОУ СШ №3 им. С.П. Королёва, Байконур, Казахстан

Цель работы — рассмотреть гипотетический процесс терраформирования как один из способов решения проблемы перенаселения планеты Земля.

В связи с тем, что нынешний уровень технологий не позволяет совершать длительные межпланетные перелеты, целесообразно рассматривать переселение лишь в пределах Солнечной системы. Однако и здесь встаёт вопрос, как можно переселить несколько миллионов человек на безжизненные планеты? И у этой проблемы есть решение — терраформирование, а именно изменение климатических условий с целью приведения в состояние, пригодное для жизни.

Для успешного терраформирования нужно подобрать планету, в условиях которой это возможно, а для этого она должна удовлетворять следующим критериям:

1. Ускорение свободного падения. Гравитация планеты должна быть достаточной для удержания атмосферы и влажности;
2. Объём принимаемой солнечной энергии. Освещённость планеты Солнцем должна быть достаточной для прогрева атмосферы и поддержания температур, достаточных для существования воды в жидком состоянии на поверхности;
3. Наличие необходимого для заселения планеты растениями и животными количества воды;
4. Радиационный фон на планете;
5. Характеристика поверхности. Очевидно, что на планетах типа «газовый гигант» создать твёрдую поверхность практически невозможно;
6. Наличие у планеты магнитного поля. В последнее время появились данные, что при отсутствии магнитного поля солнечный ветер активно взаимодействует с верхними слоями атмосферы. При этом молекулы воды расщепляются на водород и гидроксильную группу OH.

Водород покидает планету, которая полностью обезвоживается. Подобный механизм действует на Венере.

7. Астероидная ситуация.

Одним из важнейших факторов выбора является близость небесного тела к Земле. Ближайшие возможные тела: Луна, Венера, Марс.

Луна является самым близким к Земле небесным телом, но из-за низкой массы и низкого уровня гравитации для терраформирования не подходит.

Венера и наша родная планета имеют схожие массы и размеры, но в остальном общего мало. Венера очень горячая планета с плотной атмосферой.

Наиболее подходящей для терраформирования планетой является Марс, однако, и здесь существуют некоторые нюансы:

1. Атмосферное давление в 100 раз ниже, чем на Земле;
2. Холод и низкий уровень освещенности;
3. Практически полное отсутствие магнитного поля;
4. Ядовитые перхлораты в почве, являющиеся отравой для растений и животных;
5. Почти отсутствующий кислород.

Одним из способов повышения температуры и атмосферного давления на Марсе является создание огромных теплиц, захватывающих солнечное тепло и увеличивающих температуру, что способствовало бы выпариванию подземных ледяных запасов и увеличению плотности атмосферы. Для увеличения атмосферного давления в атмосферу Марса также можно внести тяжелые газы, что помогло бы удерживать тепло и создать более стабильную атмосферу.

Один из способов создания магнитного поля — протекание электрического тока через проводник, но в масштабах планеты такой проводник сделать практически невозможно. Однако, по определению ток — это движение любых частиц, имеющих электрический заряд. А это значит, что можно обойтись и без проводника — достаточно пустить заряженные частицы по орбите вокруг Марса, и это создаст магнитное поле, которое защитит Марс от солнечной радиации.

Для удаления перхлората (окисленной формы хлора) из почвы существуют несколько способов:

1. Промывание почвы водой, так как вещество растворяется в воде.
2. Нагрев почвы. Перхлорат разлагается с образованием кислорода в качестве побочного продукта.
3. Использование бактерий, поедающих перхлорат, которые вырабатывают кислород в качестве побочного продукта метаболизма.

Одной из главных задач для реализации терраформирования остается удешевление перевозки груза на другую планету и увеличение скорости межпланетных перелетов.

Длительные сроки и практичность терраформирования также являются предметом дискуссий. Остаются вопросы в областях, связанных с этикой, логистикой, экономикой, политикой и методологией изменения окружающей среды внеземного мира, что создает проблемы для реализации концепции.

Список используемых источников:

1. Интернет-ресурс: <https://www.techinsider.ru/technologies/283642-terraformirovanie-marsa-naskolko-eto-realno/>.
2. Интернет ресурс: <https://naked-science.ru/tags/terraformirovanie>.
3. Интернет-ресурс: <https://theoryandpractice.ru/posts/20430-cto-takoe-terraformirovanie-i-pri-chem-tut-the-last-of-us>.

Разработка системы информационного обеспечения работы психолога высшего учебного заведения

Мендибаев И.К.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Жуматаева Ж.Е.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

В современных высших учебных заведениях моральная поддержка учащихся играет ключевую роль в образовательном процессе. Тем не менее, отсутствие инструментов для систематизации и анализа результатов работы с учащимися может серьезно затруднить задачи психолога.

В данной работе рассматривается разработка системы информационного обеспечения психологической работы в вузе, где основное внимание уделяется созданию конструктора тестов. Этот инструмент предназначен для упрощения и ускорения процесса работы психолога. Подход основывается на автоматизации работы специалиста с использованием разрабатываемого программного обеспечения.

Основной принцип разработки программного обеспечения заключается в автоматизации рутинных задач психолога, таких как учет учащихся и групп, формирование тестов, проведение тестирования и анализ результатов. При этом, основное внимание уделяется удобству использования и точности предоставляемой информации.

Целью автоматизации является улучшение процесса работы психолога с учащимися, включая учет, создание тестов, проведение тестирования, анализ результатов и контроль изменений психологического состояния. Внедрение данной системы позволит улучшить работу психолога, обеспечив более точный и полный учет учащихся, быстрое формирование и проведение тестов, а также анализ результатов и изменений в психологическом состоянии. Кроме того, позволит существенно сократить время и ресурсы, затрачиваемые на обработку данных и анализ результатов.

Разработка системы информационного обеспечения для работы психолога в высшем учебном заведении представляет собой актуальную и перспективную задачу, способную повысить производительность его работы и улучшить качество образовательного процесса в университете.

Список используемых источников:

1. Психолог в ВУЗе. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://5psy.ru/chitaem-knigi/psiholog-v-vuze.html>

2. Разработка системы информационного обеспечения психолога высшего учебного заведения. [Электронный ресурс] Режим доступа: [https://sibac.info/archive/technic/11\(129\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/11(129).pdf)

3. Приказ Министерства образования РФ № 636 от 22.10.1999 г. «Об утверждении Положения о службе практической психологии в системе Министерства образования Российской Федерации». [Электронный ресурс]: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=39920&ysclid=lq51zqmqf667952368>

4. Психодиагностика. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://karpovka25.ru/diagnostika/psihodiagnostika/> (дата обращения: 21.10.2022).

5. Психология. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://citiklinik.ru/psychiatry/psychology>

Проектирование системы охлаждения ракетного двигателя с использованием нейросетей

Мурзасов И.О.

Научный руководитель — Загоруйко С.Н.

ПАО «РКК «Энергия», Байконур, Казахстан

В настоящее время активно используются ракетные двигатели для различных видов ракет космического назначения. При работе такие двигатели испытывают высокие температурные нагрузки. Это вынуждает использовать специальные сплавы при проектировании ракетных двигателей, способных выдерживать высокие температуры. Однако, при проектировании мощных ракетных двигателей приходится использовать дополнительные меры. Одним из

вариантов является использование одного из компонентов ракетного топлива для охлаждения поверхности ракетного двигателя. Такая система охлаждения обеспечивает отвод тепла от поверхности двигателя, что обеспечивает необходимую температуру поверхности двигателя на протяжении всего времени его работы.

Для этого на внешней поверхности двигателя должны располагаться каналы, по которым будет двигаться компонент ракетного топлива. Расчет каналов для оптимального охлаждения поверхности двигателя является не простой задачей и требует большого количества времени и высокий уровень подготовки человека. Дополнительно к этому требуется обеспечить минимальную массу конечного изделия.

Для решения данной проблемы предлагается использовать новый подход к проектированию с использованием нейросетей. Использование нейросети позволяет определить оптимальную форму каналов для заданного ракетного двигателя.

Нейросеть будет реализована как дополнительный модуль для отечественной системы автоматического проектирования «Компас-3D». В «Компас-3D» будет строиться трехмерная модель ракетного двигателя. На указанных поверхностях ракетного двигателя будет производиться расчет оптимальной системы охлаждения двигателя с заданными условиями.

Данный подход позволит при разработке нового вида ракетного двигателя уменьшить время разработки системы охлаждения, а возможность дальнейшего обучения нейросети открывает перспективы для проектирования ракетного двигателя полностью нейросетью.

Список используемых источников:

1. Егорычев В.С. Теория, расчёт и проектирование ракетных двигателей: [Электронный ресурс]: электрон. учеб. Пособие. — Самара: Минобрнауки России, Самар, гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т), 2011. — 143 с.
2. Иванов А.В. Конструирование жидкостных ракетных двигателей: дипломное проектирование: [Электронный ресурс]: электрон. учеб. Пособие. — Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2016. — 168 с.
3. Neiros. — Санкт-Петербург. — URL: <https://neiros.ru/blog/automation/neyronnye-seti-printsip-raboty-perspektivy-i-159-sovremennykh-neuronok/> (дата обращения: 19.02.2024).

Анализ качества 3D-реконструкции на основе систем искусственного интеллекта

Ниязбаева А.Б.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

За последние десятилетия технология фотограмметрии существенно изменила представление человека о том, как создаются точные и реалистичные 3D-модели сооружений.

Фотограмметрия — это научно-техническая дисциплина, позволяющая определять размеры, формы, положение объекта в заданной системе координат и его другие характеристики при помощи фотоснимков и технологий их обработки. Этот процесс широко используется в архитектуре, строительстве, геодезии и других областях.

Преимущества фотограмметрии включают в себя высокую точность построенной модели, низкие затраты и возможность создания 3D-моделей больших территорий и объектов. Стоит отметить, что для полноценного анализа данных требуется значительное количество времени и ресурсов. Применение нейросетей приведет к улучшению точности и масштабируемости 3D-модели, следовательно, повышению эффективности процессов ремонта и реконструкции объектов.

Современные алгоритмы машинного обучения позволяют автоматизировать и ускорить выделение ключевых особенностей, классификацию элементов и определение структурных аномалий в 3D-моделях.

Применение нейросетей в анализе 3D-моделей сооружений позволяет:

1. Автоматизировать выделение элементов.

Нейросети позволяют обнаруживать и выделять различные элементы сооружений, такие как стены, крыши, окна и двери, что упрощает дальнейший анализ.

2. Классифицировать структуры.

Алгоритмы машинного обучения классифицируют элементы сооружений, определяя их функциональное назначение и структурные особенности.

3. Обнаруживать аномалии и повреждения.

Нейросети способны выявлять потенциальные проблемы, такие как трещины, деформации или другие повреждения, что помогает в раннем выявлении и предотвращении серьезных проблем.

В рамках научной работы предлагается использовать нейросети для анализа 3D-моделей сооружений. Автоматизированный анализ 3D-моделей помогает следить за состоянием зданий, предсказывать потенциальные проблемы и планировать регулярное техническое обслуживание, а также нейросети могут оценивать структурные риски и предоставлять рекомендации по усилению или модернизации сооружений.

Применение нейросетей в анализе 3D-моделей сооружений открывает новые горизонты для более точного и эффективного использования фотограмметрии. Это позволяет не только улучшить процесс создания 3D-моделей, но и предоставляет ценные инструменты для мониторинга и управления сооружениями на всех этапах их жизненного цикла.

Список используемых источников:

1. Шестопалова О.Л., Шестопалов Р.П. Об интеграции BIM-технологии информационного моделирования зданий с методами фотограмметрии при построении цифровых моделей объектов в архитектурно-строительной отрасли // Т.: Известия тульского государственного университета, 2022 г. с. 138–143.

2. Скрыпичина Т.Н., Уколова А.В. Курс лекций по дисциплинам «Основы архитектурной фотограмметрии» и «Архитектурная фотограмметрия»: Учебное пособие. — М.: МИИГАиК, 2020. — 127 с. Ил. — с. 51–52.

3. ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния»: утвержден Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2012 г. № 37-ст: введен в действие с 01 января 2014 г. (актуализирован 01.01.2021 г.) — М.: Стандартинформ, 2014.

Анализ и обработка полученных данных с помощью технологии Лидар о расстоянии до измеряемого объекта

Павлов В.В.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Измерение расстояния с использованием Лидарных технологий является ключевым компонентом в различных областях, но шум в данных измерений может существенно влиять на точность результата.

Целью работы является рассмотрение методов и подходов для уменьшения влияния шума на измерения при использовании технологии Лидар.

Рассмотрим подходы решения данной задачи:

1. Технологический подход:

1. многолучевая технология: разработка Лидаров с множеством лучей для одновременного измерения расстояний в нескольких направлениях. Это помогает проанализировать полученные данные на наличие погрешностей в измерениях, возникающие из-за отражения лазерного луча от различных поверхностей.

2. улучшенные датчики: применение более чувствительных и точных фотодетекторов и лазеров может снизить влияние шума. Технологии, такие как фазированное массивное детектирование, приводят к улучшению точности измерений.

II. Применение различных методов:

1. TOF (Time-of-Flight) камеры: аналогично Лидарам, они измеряют расстояние с использованием времени, но применяются в основном в виде камер с инфракрасной подсветкой. Обладают схожими проблемами шума, требуют схожих методов коррекции.

2. Стереокамеры: использование двух камер для создания стереоизображения, что позволяет измерять расстояния. Требуется сложной калибровки и подвержено ошибкам при изменении освещения.

По окончании работы прибора в независимости от использующейся технологии, полученные данные подвергаются обработке по следующему алгоритму:

1. статистические методы: анализ статистических свойств данных и применение статистических методов, таких как фильтрация Калмогорова-Зурбельда (Винера), для улучшения точности и уменьшения шума;

2. фильтрация данных: применение цифровых фильтров, таких как медианный фильтр, низкочастотный фильтр или фильтр Калмана, для удаления аномальных значений и шумов из сигнала;

3. сглаживание: использование методов сглаживания, например, скользящего среднего, для усреднения данных и уменьшения влияния случайных флуктуаций;

4. машинное обучение: обучение моделей машинного обучения для распознавания и фильтрации шумовых компонентов в данных. Например, использование регрессии или нейронных сетей.

В данной работе будет показана программная реализация применения комплексных методов программного подхода для уменьшения влияния шума на полученные измерения при использовании технологии Лидар.

Список используемых источников:

1. Подивилова Е.О., Ширяев В.И., «Сравнение оценок минимаксного фильтра и фильтра Калмана», Вестн. ЮУрГУ. Сер. Матем. моделирование и программирование, 2012, № 14, с. 182–186.

2. Летагин В.С., Лёвина Т.Г., Савинский И.Д., Методы интерполяции и сглаживания на основе решения интегрального уравнения I рода, поиск «отскочивших» значений кривых, 1991, том31, номер 7, 984–993

3. Технология Лидарф-ф [Электронный ресурс] — URL: https://technokauf.ru/branches/izyskaniya_i_zemelnyy_kadastr/lidar_tekhnologiya/ (дата обращения: 20.02.24).

4. ЛИДАР — [Электронный ресурс] — URL: <https://gistroy.ru/article/lidar/> (дата обращения: 20.02.24).

Экспертная система по определению оптимальной конфигурации персонального компьютера

Половинкин И.Ю.

Научный руководитель — Серикбаева Ж.К.

ГБ ПОУ «БЭРТТ», Байконур, Казахстан

Определение оптимальной конфигурации персонального компьютера (ПК) является сложной задачей из-за большого разнообразия комплектующих, их характеристик и ценовых диапазонов. В связи с этим возникает необходимость в создании экспертной системы (ЭС), которая поможет автоматизировать этот процесс.

Экспертная система — это компьютерная программа, которая использует знания экспертов для предоставления рекомендаций или решений в определённой области.

Цель — представить концепцию ЭС для определения оптимальной конфигурации ПК на основе заданных предпочтений пользователя, бюджета и назначения компьютера. Для достижения данной цели необходимо решить ряд задач: сбор данных о предпочтениях пользователя, анализ этих данных, предоставление рекомендаций по выбору комплектующих.

Экспертная система представляет собой программный комплекс, состоящий из нескольких модулей. Модуль сбора данных предназначен для получения информации о

предпочтениях пользователя, модуль анализа — для обработки этих данных и определения оптимальной конфигурации, база знаний — для хранения информации о комплектующих и их характеристиках, модуль рекомендаций — для предоставления пользователю конкретных предложений по выбору.

Применение такой системы позволит пользователю сэкономить время на поиск и сравнение различных вариантов конфигураций, а также снизить риск ошибки при выборе неподходящих комплектующих.

Экспертная система по определению оптимальной конфигурации персонального компьютера необходима:

- Начинающим пользователям, которые не имеют опыта в выборе компонентов для компьютера;
- Опытным пользователям, которым необходимо быстро и точно подобрать компоненты для выполнения своих задач;
- Специалистам в области ИТ, которые занимаются сборкой и настройкой компьютеров на профессиональном уровне;
- Компаниям, занимающимся продажей компьютеров и ноутбуков, для предоставления клиентам максимально точных рекомендаций по выбору конфигурации.

Разработка мобильного приложения с эффективной транспортной системой и заказов билетов между городами

Раисов Р.Р., Есмамбетов М.К.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Жуматаева Ж.Е.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Одной из насущных проблем, с которой сталкиваются путешественники, является поиск оптимального маршрута и бронирование билетов на автобусы между городами. В настоящее время для получения полной информации о маршрутах и билетах необходимо тратить много времени на поиск информации в интернете или общение с сотрудниками автовокзалов. Решением этой проблемы может стать создание мобильного приложения, которое использует алгоритм для построения оптимального маршрута и позволяет заказывать билеты на автобусы для нескольких рейсов.

Приложение BusFast будет предоставлять пользователям следующий функционал:

1. Поиск оптимального маршрута. Пользователи смогут указать пункт отправления и прибытия, который может быть как городом, так и района центром, а также выбрать дату и время поезд. Алгоритм Дейкстры будет использоваться для определения кратчайшего маршрута между выбранными городами.
2. Бронирование билетов. После выбора маршрута пользователи смогут забронировать билеты на автобус прямо через приложение. Для этого им потребуется выбрать места на карте салона и данные пассажиров.
3. Оплата билетов. Пользователи смогут оплатить забронированные билеты удобным для них способом.
4. Уведомления о поездке. Приложение будет отправлять уведомления пользователям за пару часов о предстоящей поездке, включая информацию о времени отправления автобуса и месте посадки.
5. Информация о маршрутах и автобусах. Пользователи смогут получить подробную информацию о доступных маршрутах и расписании движения автобусов.

Программная реализация приложения BusFast будет выполнена на основе современных технологий разработки мобильных приложений. Для создания интерфейса будут использоваться средства разработки, такие как Android Studio для платформы Android и Xcode для iOS. Для обработки платежей будет использоваться соответствующий API платежных систем.

Список используемых источников:

1. Д. Бертсекас, Р. Галлагер. Сети передачи данных. Прентис Холл, 1987.

2. Т. Х. Кормен, К. Э. Лейзерсон, Р. Л. Ривест, С. Стайн. Введение в алгоритмы. Издательство Массачусетского технологического института, 2009.
3. Р.К. Ахужда, Т.Л. Маньянти, Дж.Б. Орлин. Сетевые потоки: теория, алгоритмы и приложения. Прентис Холл, 1993.
4. М. М. Халлдорссон. Алгоритмы аппроксимации для TSP. Издательство Кембриджского университета, 2007.
5. В. Чватал. Линейное программирование. W.H. Freeman & Company, 1983.

Портативный холодильник

Сайлау А.Е.

Научный руководитель — Акжанова Акнур

КГУ «ОСШЛ № 4 имени Еркина Ауельбекова», Кызылорда, Казахстан

Холодильный агрегат работает следующим образом. Мотор-компрессор откачивает пары фреона из испарителя и нагнетает их в конденсатор. В конденсаторе пары фреона охлаждаются и конденсируются. Далее жидкий фреон через фильтр-осушитель и капиллярный трубопровод попадает в испаритель. Гидравлическое сопротивление капиллярного трубопровода подбирается таким образом, чтобы создать определенную разность давления всасывания и конденсации, которое создает компрессор, при которой через трубопровод проходило определенное количество жидкости. Каждый капилляр соответствует определенному мотор-компрессору. На входе фреона в испаритель, давление падает от давления конденсации до давления кипения. Этот процесс называется дросселированием. При этом происходит вскипание фреона, поступая в каналы испарителя фреон кипит, энергия необходимая для кипения в виде тепловой, забирается от поверхности испарителя, охлаждая воздух в холодильнике.

Но передвигать этот холодильник в поездке сложно. Для этого мы сделали холодильник своими руками. Этот холодильник работает через элемент пельтье.

Этот холодильник работает иначе, чем обычные холодильники. Он состоит из следующих элементов: Радиатор, кулер, элемент пельтье, пеноплекс, фольга, термопаста, датчики. Если ориентироваться на принцип работы, то радиатор и кулер выпускают горячий воздух в окружающую среду и направляют холодный в камеру, а пеноплекс и фольга удерживают воздух в камере.

Термопаста используется для уменьшения теплового сопротивления между двумя соприкасающимися поверхностями. Для регулировки температуры установим регулятор температуры с датчиком. В основе работы элемента пельтье лежит контакт двух полупроводниковых материалов с разными уровнями энергии электронов в зоне проводимости. При протекании тока через контакт таких материалов электрон должен приобрести энергию, чтобы перейти в более высокоэнергетическую зону проводимости другого полупроводника. При поглощении этой энергии происходит охлаждение места контакта полупроводников. При протекании тока в обратном направлении происходит нагревание места контакта полупроводников, дополнительно к обычному тепловому эффекту. Достоинством холодильника с элементом пельтье являются небольшие размеры, отсутствие каких-либо движущихся частей, а также газов и жидкостей. При обращении возможность термостатирования при температуре окружающей среды как выше, так и ниже температуры термостатирования. Также достоинством является отсутствие шума. Недостатком элемента Пельтье является более низкий коэффициент полезного действия (КПД), чем у компрессорных холодильных установок на фреоне, что ведёт к большой потребляемой мощности для достижения заметной разности температур. Несмотря на это, ведутся разработки по повышению теплового КПД.

Основной проблемой в построении элементов Пельтье с высоким КПД является то, что свободные электроны в веществе являются одновременно переносчиками и электрического тока, и тепла. Материал для элемента Пельтье же должен одновременно обладать двумя взаимоисключающими свойствами — хорошо проводить электрический ток, но плохо проводить тепло.

Выбор оптимального облика конструкции пускового устройства многоблочных ракет космического назначения лёгкого и сверхлёгкого классов без применения опорной силовой рамы

Сапкалов В.А., Исмаилов Диас

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Сизов А.А.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Развитие современных технологий в области конструкционных материалов, приборостроения и использование новых схемно-конструктивных решений ведут к развитию тенденции уменьшения массово-габаритных характеристик космических аппаратов (КА): от крупногабаритных и тяжёлых изделий массой до десятков тонн к целевым изделиям — массой в среднем от 500 до нескольких килограмм.

Грузоподъёмность современных отечественных ракет космического назначения среднего и тяжёлого классов избыточна для доставки на заданные орбиты единичных микро- и нано космических аппаратов, поэтому данный спектр нагрузки запускают совместно с более крупногабаритными (попутный запуск) или крупными партиями (кластерный пуск). В этом случае могут быть задержки, которые возникают вследствие неготовности основного изделия. Орбита выведения, в основном, не соответствует оптимальной для попутной нагрузки.

Текущие рыночные тенденции в области запусков малых КА, а также развитие высокотехнологичных проектов формируют необходимость в создании ракет-носителей различных конструктивно-компоновочных схем, способных выводить малые КА на требуемые для них орбиты или траектории, в кратчайшие сроки. Для осуществления пусков РКН сверхлёгкого и лёгкого классов необходимо создание стартовых комплексов, пусковые устройства которых будут адаптированы под различные компоновки изделий (одно- или многоблочные ступени) и разные поперечные габаритные размеры (возможность варьирования диаметров ракетных блоков и ступеней в целом).

Особенностью конструкций существующих пусковых устройств стартовых комплексов является наличие силовой рамы. В данной работе рассмотрены вопросы, связанные с проектированием перспективных пусковых устройств без применения силовых рам. Рассмотрены варианты формирования облика пусковых устройств, где в качестве силовых элементов возможно использование силовых тумб различных комплектаций для РКН с стартово-стыковочным блоком.

Стартово-стыковочный блок впервые в отечественной космонавтике был применён при пусках РКН «Энергия», кроме этого ССБ использовали в процессе примерочных вывозов макетов изделий «Энергия-М».

Функционально ССБ можно отнести к наземному технологическому оборудованию. При исследовании и проектировании любой силовой конструкции пускового устройства необходимо учитывать множество факторов:

1. конструктивно-компоновочную схему ракетных блоков первой ступени (изделие может быть одно-, трёх-, пяти- и шестиблочным);
2. расположение силовых опорных точек, в зависимости от количества блоков в ступени;
3. диаметры ракетных блоков;
4. площади газодинамических проёмов ССБ.

Применение ССБ для сверхлёгких и лёгких ракет-носителей позволяет упростить конструкцию пускового устройства. В качестве опорных элементов возможно применение железобетонных или металлических тумб стационарно установленных и закреплённых на фундаменте. Количество, конфигурация тумб определяется расположением силовых контактных точек систем «тумба – ССБ» и «ССБ – РКН». Передача нагрузки от изделия к тумбам должно происходить по кратчайшему пути без создания моментов сил, которые отрицательно влияют на прочность элементов конструкции ССБ. Достаточная высота и поперечная форма тумб, а также энергетические характеристики объединённой двигательной установки могут позволить исключить из состава конструкции ПУ газоотражательного устройства.

Применение подобной компоновки ПУ накладывает особые требования к прочности и жесткости конструкций силовых опорных тумб и ССБ. В работе проведен расчет напряженно-деформированного состояния

имитационной модели металлоконструкции ССБ и силовых тумб. Расчёты показывают, представленные элементы конструкций обладают необходимыми прочностью и жёсткостью.

Список используемых источников:

1. Физические основы пуска: учебное пособие /А.П. Маштаков, Р.В. Красильников; Балт. гос. техн. ун-т. — СПб., 2018. — 112 с. ISBN 978-5-907054-13-4.
2. Технологические объекты наземной инфраструктуры ракетно-космической техники (инженерное пособие). Книга 1. Под общ. ред. д.т.н., профессора И.В. Бармина.- М., Полиграфикс РПК, 2005. — 376 с.
3. Шапошников Н.Н., Тарабасов Н.Д., Петров В.Б., Мяченков В.И. Расчёт машиностроительных конструкций на прочность и жёсткость. М.: Машиностроение, 1981. — 333 с.

Эффективность команды, как фактор повышения производительности труда Сержанов А.Ж.

Научный руководитель — Вербицкая О.А.
Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

Цель любого предприятия — достичь запланированного результата. Это возможно сделать только в случае наличия сработанной рабочей единицы — команды. Тогда можно планировать затраты труда, времени и материальных ресурсов, не превращая руководство коллективом в тотальный контроль на каждом шаге выполнения проекта.

Управление командой представляет собой умение направлять работников и процессы таким образом, чтобы все совместные усилия шли на достижение поставленного результата.

При построении эффективной команды необходимо рассматривать все критерии в совокупности и их отдельное влияние на членов команды.

Вопросы иерархичности и соподчинения, четкой постановки целей и задач внутри коллектива, определения зон ответственности, обеспечения необходимыми ресурсами и инструментами и налаживание коммуникационных процессов — ключевые при формировании эффективной рабочей команды. Внимание к этим позициям повышает сплоченность и позволяет ожидать нужный результат.

Актуальность исследования определяется тем, что применение современных методов управления персоналом с учетом специфики отдельных отраслей и проектов позволяет прогнозировать более высокие результаты. Они на порядок выше, чем в аналогичных проектах, но несут меньшую ресурсную нагрузку, как на руководителей, так и на подчиненных. Применение методов кадрового менеджмента становится ключевым при повышении производительности труда наряду с эффективным распределением иных имеющихся ресурсов.

В работе рассмотрены основные принципы командообразования и управления проектными единицами, стили управления руководителей, а также их влияние на эффективность проделанной работы. Проведен анализ современных инструментов управления персоналом и цифровизации, а также их применимость для снижения нагрузки на участников команды, формирование временных резервов и повышение мотивации сотрудников.

Список используемых источников:

1. Аверин А.Н. Управление персоналом, кадровая и социальная политика в организации / А.Н. Аверин. — 3-е изд. — М.: Флинта: МПСИ, 2018. — 224 с.
2. Аветисян К.А. Совершенствование процедур подбора персонала в организации // Проблемы экономики и менеджмента. 2020. №1 (1). С. 56–59.
3. Авруцкая С.Г., Воробьева Т.Ю. Современные методы приема персонала в России // Успехи в химии и химической технологии. 2019. №4 (153). С. 131–136.
4. Алавердов А.Р. Управление человеческими ресурсами организации; Синергия — Москва, 2018. — 656 с.
5. Алехина О.Ф. Ключевые персонал-технологии: практический инструментарий / Оксана Алехина. — М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2019. — 392 с.

Обучающая программа по учебной дисциплине «География», раздел «Почвы» Склавос Ш.Э.

Научный руководитель — Сизова А.Г.

ГБОУ СШ №10 им. В.П. Бармина, Байконур, Казахстан

Василий Васильевич Докучаев создал науку — почвоведение. В 1867 году В. Докучаев В.В. стал студентом Петербургского университета. По окончании в 1871 году занимается исторической географией. Изучая горные породы разных периодов формирования, пристальное внимание уделяет верхнему слою земной коры. Весной 1877 года Докучаев В.В. отправляется в первую экспедицию по Центральной части Восточно-Европейской равнины. Во время экспедиции были собраны более одной тысячи проб почвы.

Формирование почв происходит при взаимодействии горных пород, климатических условий, флоры, фауны и микроорганизмов. На основе его работ ученые продолжают развивать знания о почвообразовании, охране почв, их рекультивации.

Изучая географию в школе необходимо применять современные методы исследования, изучения и прогнозирования закономерностей развития природы.

Современный учитель не только преподает свой предмет, но и оптимизирует деятельность обучающихся на развитие их навыков для применения в различных отраслях знаний. Данная программа написана по инициативе моего учителя географии.

Программа называется «Географический планшет». Идею написать обучающую программу посоветовал мой учитель географии. Тема «Характеристика почв». Цели данной программы: 1. Оптимизировать процесс восприятия новых знаний. 2. Проводить учителем индивидуальный контроль знаний, полученных на уроках.

Работать можно с использованием интерактивной доски при объяснении материала и на персональном компьютере при индивидуальном контроле.

Программа написана на языке Паскаль. Код характеристики почвы определяется путём ввода определённых географических и климатических данных.

При введении определённых данных можно получить тот тип почв, который подлежит описанию.

Разработанная программа обладает минимальными системными требованиями. Достоинством данной программы являются наглядность, интуитивное восприятие и дальнейшее включение дополнительных параметров.

Программист должен уметь составлять программы по различным социальным, хозяйственным запросам общества. Моё увлечение программированием позволит в будущем получить достойное образование и своими работами решать социальные и производственные задачи страны.

В современном мире география является одной из ключевых дисциплин, изучающих природные и социально-экономические процессы на земле. Одним из важных разделов географии является изучение почв — ценных природных ресурсов, которые имеют огромное значение для сельского хозяйства, экологии и человеческой деятельности в целом.

Обучающая программа по учебной дисциплине «География», раздел «Почвы» направлена на изучение разнообразия почвенного покрова на планете, их структуры, свойств и функций. В ходе обучения студенты узнают о процессах формирования почв, их классификации, методах изучения и оценки качества почв. Также важным аспектом является изучение влияния антропогенного действия на почвенный покров и возможных путей улучшения почвенного состояния.

Программа предусматривает проведение лекций, практических занятий, лабораторных работ и экскурсий с целью практического применения знаний о почвах. Студенты изучают основные характеристики почв различных климатических и природных зон, а также осваивают методы анализа почвенных образцов и оценки их плодородия. Благодаря этому обучающая программа помогает студентам приобрести навыки работы с почвенным материалом и применять их в дальнейшей профессиональной деятельности.

Необходимо отметить, что знание о почвах является важным компонентом для понимания многих экологических проблем современности, таких как изменение климата, загрязнение почв и вод, урбанизация. Поэтому обучающая программа по географии, разделу «Почвы» играет ключевую роль в формировании комплексного взгляда на природу и необходима для подготовки квалифицированных специалистов в области географии и экологии.

В заключение, обучающая программа по учебной дисциплине «География», раздел «Почвы» является важным элементом в образовательном процессе и позволяет студентам углубленно изучить ключевые аспекты почвоведения. Приобретенные знания и навыки помогут им успешно применять полученные знания в практической деятельности и вносить свой вклад в сохранение и улучшение окружающей среды.

Список используемых источников:

1. Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ

Сравнительный анализ и выбор оптимальной схемы фотометрического датчика для космических обсерваторий, работающих при поиске экзопланет посредством транзитного метода

Снегирев В.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.

ПАО «РКК «Энергия», Байконур, Казахстан

Актуальность. На сегодняшний день ученые обладают большими техническими возможностями благодаря научному и техническому прогрессу, что позволяет исследовать не только объекты в пределах солнечной системы, но и искать предмет научных изысканий в других звездных и галактических системах.

Целью данной работы является описание алгоритма поиска экзопланет посредством транзитного метода и используемого астрономического оборудования для данного вида исследований, выполнение сравнительного анализа электронных схем фотометрических датчиков для использования на космических обсерваториях и выбор оптимальной схемы.

Экзопланета — это планета, находящаяся вне Солнечной Системы. Экзопланеты, что уже найдены и изучены, дают человечеству огромный пласт информации о новых планетарных классах и возможных формах организации жизни на них. Наблюдения за данными объектами требует точного и качественного оборудования. Выбор электронной схемы фотометрического датчика имеет важное значение и стоит наряду с качественно изготовленной и рассчитанной оптической схемой, потому как выбор той или иной конфигурации фотометрического датчика может повлечь за собой либо большое энергопотребление и наличие большого динамического диапазона и более габаритную схему, либо более компактную электронную схему, малый динамический диапазон и эффект роллинг-шаттер.

Проведен сравнительный анализ и выбор оптимальной схемы фотометрического датчика для космических обсерваторий при поиске экзопланет посредством транзитного метода.

Список используемых источников:

1. Вайнберг Стивен Космология: Пер. с англ./ Под ред. и с предисл. И.Я. Арефьевой, В.И. Санюка. Изд. 2-е — М.: УРСС: ЛЕНАНД, 2018. — 608 с.
2. Теоретическая астрофизика / Амбарцумян В.А., Мустель Э.Р., Северный А.Б., Соболев В.В. — М.: Книга по Требованию, 2013. — 636 с. ISBN 978-5-458-25889-0.
3. Физическая химия спектроскопии лабораторный практикум., А. В. Гребенник, А. Ю. Крюков. Москва : Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева, 2017. — 80 с.
4. Искусство схемотехники: Пер. с англ.-Изд. 2-е.- М.: Издательство БИНОМ. — 2024. — 704 С.

Создание значимого направления предпринимательской деятельности с целью создания дополнительных рабочих мест в городе Байконур

Танатарова А.К.

Научный руководитель — Альмухаметова Э.Р.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

В условиях необходимости создания дополнительных рабочих мест, реализации действенных мер поддержки бизнеса и взаимовыгодного сотрудничества с предпринимателями и потенциальными инвесторами администрацией города определены значимые направления социально-экономического развития Байконура. Одним из таких проектов является создание птицефабрики.

Цель проекта — создание производственного предприятия для обеспечения продукцией населения г. Байконур, а также создание новых дополнительных рабочих мест, для сокращения безработицы.

Проект решает ряд важных вопросов, таких как анализ спроса и потенциального рынка сбыта, выявление ключевых факторов успеха проекта, детальное описание продукта с учетом удовлетворения потребностей потенциальных потребителей. После проведения предварительных расчетов проектных показателей определяется потребность в финансировании проекта. Таким образом, определяется необходимая сумма денежных средств, которая позволит покрыть дефицит капитала в каждый момент времени. Исходя из полученных данных, разрабатывается стратегия финансирования предприятия, включая привлечение собственного или заемного капитала предпринимателя.

Такой проект может привлечь инвесторов и предоставить новые возможности для предпринимателей в сфере производства и сопутствующих отраслей города Байконур. Определение земельных участков для размещения данного производства также является важной мерой поддержки предпринимательства в г. Байконур. Это позволяет предпринимателям, реализующим данный проект получить доступ к необходимым ресурсам для развития данного предприятия.

Список используемых источников:

1. Асаул, В.В., Кришталь В.В., Петухова, Ж.К. Реализация национальных проектов направленных на инвестиции в инфраструктурное обеспечение предпринимательской деятельности: проблемы и перспективы / В.В.Асаул, В.В.Кришталь, Ж.К.Петухова // Вестник гражданских инженеров — 2020. — №4. — С.209–218.

Сравнительный анализ компактных летательных аппаратов для перевозки груза и пассажиров в городских условиях

Тукалов Д.Т.

Научный руководитель — Спандияр Н.М.

АО «СП «Байтерек», Байконур, Казахстан

Пробки на дорогах, переполненный общественный транспорт и ограниченное пространство в мегаполисах — все это создает потребность в новых, более эффективных решениях для перевозки людей и грузов. Компактный летательный аппарат (КЛА) или «Аэротакси» может стать таким решением, предлагая ряд преимуществ: возможность преодолевать расстояния значительно быстрее, чем наземный транспорт, за счет возможности перемещения по воздуху; более высокие экологические показатели по сравнению с традиционным транспортом, особенно при использовании электрических или гибридных двигателей; возможность обеспечить более комфортную и безопасную перевозку пассажиров, особенно в условиях плотного трафика. КЛА может стать доступным для широкого круга людей, если его стоимость будет сравнима с другими видами транспорта.

КЛА может использоваться для такси, каршеринга, доставки людей на работу или в аэропорты; для срочной доставки медикаментов, продуктов питания, запчастей и т.д.; для поиска и спасения людей в чрезвычайных ситуациях; для инспекции мостов, линий электропередач, зданий и т.д.; для эвакуации и доставки пациентов в специализированные

медицинские центры. Первые коммерческие КЛА могут появиться уже в ближайшие годы. Однако массовое использование КЛА, скорее всего, станет возможным через 10-15 лет, после решения всех технических и юридических вопросов.

Целью работы является обзор существующих и перспективных КЛА для перевозки пассажиров в городских условиях, а также сравнительный анализ их преимуществ и ограничений.

В данной работе проводятся обзоры и сравнение технических характеристик трех КЛА: CityAirbus, Volocopter 2X, EHang 216 и Kitty Hawk Coa. В результате чего было выяснено, что наиболее перспективным КЛА для реализации в крупных городах Республики Казахстан является EHang 216.

Ракета воздух-поверхность полного дистанционного управления (РВП-ПДУ)

Тупицын Д.В.

Научный руководитель — Баринаева Е.Г.

ГБОУ СШ №10 им. В.П. Бармина, Байконур, Казахстан

В состав подвешного вооружения подавляющего большинства современных самолётов самых различных классов (истребители, перехватчики, штурмовики и т.д.) входят управляемые ракеты, в том числе и класса «воздух-поверхность». Главная задача моей работы — предложить идею использования полностью управляемых ракет класса «воздух-поверхность» в качестве развития уже существующей технологии УРВП. Предполагается, что инновационные ракеты будут запускаться с пилонов, аналогичных точкам установки подвешного блока УРВП «Вихрь», а управление ракетой будет осуществляться одним из трёх вариантов:

1) при помощи наземного пункта управления, сходного с пунктами управления беспилотных летательных аппаратов (далее — БПЛА) «Герань»;

2) при помощи дополнительных органов управления ракетой для ведомого в составе звена или штурмана (для самолётов с компоновкой, похожей на истребитель-бомбардировщик ОКБ им. П.О.Сухого Су-34);

3) дистанционно, с самолётов дальнего радиолокационного обнаружения и наведения.

Задачи работы:

4) рассмотреть, насколько широким может быть применение данного вида боеприпаса;

5) исследовать, будет ли эффективна предложенная идея против новейших единиц техники предполагаемого и реального противника (Leopard 2A7, Abrams, Challenger 2, БМ «Оплот», MLRS/PC30 Himars и т.д.);

6) смоделировать, в каких ситуациях «РВП-ДУ» будет выполнять поставленные задачи эффективнее, чем уже существующие УРВП;

Результат работы: проект инновационного вида боеприпаса, который способен выполнять следующие задачи:

1) поражение бронированного транспорта противника в условиях городских боёв или гористой местности;

2) обход противоракетной обороны противника за счёт сложной траектории полёта, высокой скорости и маневренности;

3) точечное поражение различных частей вражеской техники и зданий/укреплений (например, моторно-трансмиссионное отделение, огневые точки, недоступные для поражения вертикальным ударом и т.д.);

4) нанесение сверхточных ударов по местам расположения вражеских сил при непосредственной близости дружественного личного состава для оказания огневой поддержки, а также уничтожения артиллерийских батарей противника.

Список используемых источников:

1. «Двигатели 1944-2000: авиационные, ракетные, морские, наземные». — М.: ООО «АКС-Конверсалт»

2. «Физический энциклопедический словарь»/Гл. ред. А. М. Прохоров. Ред. кол. Д. М. Алексеев, А. М. Бонч-Бруевич, А. С. Боровик-Романов и др. — М.: Сов. энциклопедия, 1983.

Программное обеспечение и веб-интерфейс для удаленного управления математическим пакетом Maxima

Цай А.В.

Научный руководитель — доцент, Кулепётова Н.Н.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

В настоящее время компьютерные программы символьных и численных вычислений (MathCad, MathLab, Maple, Mathematica и т.д.) находят широкое применение в научных исследованиях и становятся одним из обязательных компонентов компьютерных технологий, используемых в образовании. Однако такие программы являются лицензионными и довольно дорогостоящими.

Система компьютерной математики Maxima предназначена для выполнения математических расчетов в символьном и численном виде и является свободно распространяемой.

Разрабатываемое программное обеспечение предназначено для удаленного управления математическим пакетом Maxima. Предлагаемое программное обеспечение позволяет сразу нескольким лицам пользоваться функциональностью пакета Maxima, при задействовании вычислительных мощностей только одного ПК (сервера).

Такое программное решение позволит пользователям работать с математическим пакетом Maxima с любого устройства, имеющего доступ к интернету, без необходимости установки программы на своем устройстве. Это удобно для студентов, преподавателей, научных работников и всех, кто нуждается в использовании математических вычислений в удаленном режиме.

Актуальность разработки обусловлена дефицитом схожих по функционалу программных комплексов, а готовые решения часто недоступны широкому кругу лиц или давно не получали обновлений.

Удаленное управление ПО, в данном случае математическим пакетом Maxima, имеет несколько преимуществ и обоснование своей актуальности:

- **Универсальность и доступность:** удаленное управление позволяет использовать пакет Maxima на устройствах, которые не поддерживают этот пакет, таких как смартфоны или ноутбуки с ограниченными вычислительными ресурсами. Это делает пакет Maxima доступным для широкого круга пользователей;
- **Низкие требования к клиентским устройствам:** требования к клиентскому устройству сведены к минимуму, так как весь вычислительный процесс происходит на удаленном сервере. Это означает, что пользователи могут использовать пакет Maxima на практически любых устройствах, имеющих доступ в интернет;

- **Эффективное использование ресурсов:** удаленное управление позволяет объединять вычислительные мощности одного сервера для обслуживания нескольких пользователей одновременно. Это повышает эффективность использования ресурсов и снижает затраты.

С увеличением удаленной работы и обучения в современном мире, возможность удаленного управления математическим пакетом становится все более актуальной и востребованной. Множество готовых решений для удаленного управления программами имеют ограниченную поддержку или не обновляются в течение длительного времени. Разработка собственного решения позволяет поддерживать актуальность применения и гибко настраивать функциональность пакета.

Проблема заключается в ограниченном доступе к математическим вычислениям на удаленных устройствах. Разработка программного обеспечения для удаленного управления пакетом Maxima позволит решить эту проблему, предоставляя пользователям возможность выполнять вычисления через интернет без необходимости установки пакета на своем компьютере.

В рамках данной работы представляется разработка программного обеспечения с добавлением инновационной функции копирования и вставки уравнений из файлов. Данная функциональность, отсутствующая в других математических пакетах, призвана упростить процесс работы с математическими формулами и уравнениями, делая его более эффективным

и удобным. Новая функциональность обогатит пользовательский опыт, упростит работу с математическими формулами и уравнениями, а также повысит эффективность использования пакета Maxima. Дальнейшее совершенствование и расширение функционала позволит создать инновационный инструмент для профессиональных математиков и студентов.

Таким образом, удаленное управление пакетом Maxima через веб-интерфейс предоставляет пользователю удобный и универсальный способ доступа к математическому пакету, что делает эту идею актуальной и полезной для широкой аудитории.

Список используемых источников:

1. В.А. Охорзин. Прикладная математика в системе MATHCAD Учебное пособие. 3-е изд. СПб.: Лань, 2009, 352 с.
2. А. М. Половко, И. В. Ганичев. Mathcad для студента. С-Пб: БХВ-Петербург, 2006.
3. Е.А.Чичкарев. Компьютерная математика с Maxima: Руководство для школьников и студентов. ALT Linux, 2009.- 2003 с.
4. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Maxima>

Автоматизированная система обнаружения беспилотных аппаратов в реальном времени на основе вычитания фона и классификации изображений Чудин С.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Шестопалова О.Л.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

В современном мире рост числа беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), таких как дроны, порождает необходимость в разработке систем обнаружения дронов в реальном времени для обеспечения безопасности и пресечения негативного использования этих устройств. Одним из эффективных методов обнаружения дронов является метод вычитания фона, который позволяет выделять движущиеся объекты на видеокадрах. В сочетании с классификацией движущихся объектов с использованием нейронных сетей, такой подход обеспечивает высокую точность и скорость обнаружения дронов в различных сценах.

Первый этап системы обнаружения состоит в применении алгоритма вычитания фона к видеопотоку. Этот метод выделяет движущиеся объекты, создавая бинарное изображение, где движущиеся элементы представлены единицами. Затем применяются морфологические операции для улучшения качества данных и удаления шумов, что повышает точность дальнейшего анализа.

На следующем этапе выделяются ограничивающие рамки, охватывающие движущиеся объекты, после чего происходит извлечение изображений этих объектов. Для определения типа каждого движущегося объекта, в том числе дронов, используется предварительно обученная нейронная сеть. Это позволяет классифицировать объекты с высокой точностью.

Структурная схема программы обнаружения дронов включает в себя несколько этапов, начиная с инициализации и захвата видео, и заканчивая классификацией объектов и выводом результатов на экран. Такой подход к обнаружению дронов в реальном времени обеспечивает эффективность и быстродействие системы, позволяя операторам оперативно реагировать на потенциальные угрозы, связанные с использованием дронов.

В целом, развитие систем обнаружения дронов в реальном времени с использованием метода вычитания фона и классификации с помощью нейронных сетей играет ключевую роль в обеспечении безопасности и защиты частных и общественных интересов от потенциальных угроз, связанных с неправомерным использованием дронов.

Список используемых источников:

1. Акер, К.; Калкан С. Использование глубоких сетей для обнаружения дронов // 14-я Международная конференция IEEE по передовому видеонаблюдению и наблюдению на основе сигналов. Лечче, Италия, 29 августа — 1 сентября 2017 г. — 104 с.
2. Франсуа Шолле. Глубокое обучение на Python. — СПб.: Издательский дом «Питер», 2018. — 400 с.

3. Дертат А. Прикладное глубокое обучение — Часть 4: Сверточные нейронные сети — [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://towardsdatascience.com/applied-deep-learning-part-4-convolutional-neural-networks-584bc134c1e2> (дата обращения: 25 ноября 2023 г.).

Разработка программного обеспечения для службы спецавтотранспорта авиапредприятия Шпарталов К.С.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Жуматаева Ж.Е.

Филиал «Восход» МАИ, Байконур, Казахстан

В данной работе рассматривается разработка программного обеспечения для службы спецавтотранспорта для авиапредприятия, которая выполняет следующие функции:

1) Учет:

- Работников службы;
- Спецавтотранспорта службы;
- ГСМ для спецавтотранспорта;

2) Формирование отчета расхода ГСМ за месяц, квартал, год.

3) Оформление путевых листов для каждого спецавтотранспорта.

4) Расчет и планирование ГСМ спецавтотранспорта;

5) Составление плана-графика работ (плановые и внеплановые) для сотрудников службы и спецавтотранспорта.

При выборе среды программирования для разработки программного обеспечения для службы спецавтотранспорта в авиапредприятии, необходимо учитывать следующие требования:

- Возможность объектно-ориентированного программирования;
- Язык программирования высокого уровня;
- Возможность работы с базами данных.

Всем перечисленным требованиям отвечает платформа 1С: Предприятие 8.3. Она позволяет полностью реализовать поставленные задачи.

Разработка программного обеспечения на платформе 1С Предприятие для управления данными и процессами, связанными с обслуживанием и эксплуатацией спецавтотранспорта сотрудников службы, позволит значительно упростить и автоматизировать работу.

С помощью разработанного программного обеспечения возможно осуществление планирование количества персонала для плановых и внеплановых работ, рассчитывать затраты труда на количество спецтехники с учетом различных факторов: переработка, выход в отпуск, выход техники из строя и прочее, а также рассчитывать расход ГСМ за нынешний год и планировать ГСМ на следующий год.

Программное обеспечение на 1С Предприятие обеспечит централизованное хранение и обработку данных, повысит прозрачность и управляемость процессов, уменьшит время на выполнение операций и снизит вероятность человеческих ошибок. Таким образом, его внедрение позволит повысить эффективность работы службы спецавтотранспорта авиапредприятия и обеспечить безопасность авиационной деятельности.

Список используемых источников:

1. Руководство по организации работы и обслуживания специального автотранспорта аэропортов Российской Федерации. URL: https://ecolog.ru/docs/XX4I_9ZEIOWtuV1_zli0d [Электронный ресурс] (дата обращения 14.12.2023).

2. Кашаев С.М. Программирование в 1С: Предприятие 8.3. — СПб.: Питер, 2014. — 304 с.

Направление №13 Филиал «Взлёт» (г. Ахтубинск)

Вулканическая деятельность в Солнечной системе

Абрамкин Я.И.

Научный руководитель — Крухмалёва Л.Л.

МКОУ СОШ №4 МО «Ахтубинский район», Ахтубинск

Выбранная мной тема «Вулканическая деятельность в Солнечной системе», на первый взгляд кажется не особенно актуальной. Даже для нескольких поколений людей эти знания имеют небольшое значение. А вот для человеческой цивилизации знания о вулканической деятельности на планетах и спутниках Солнечной системы очень важны и необходимы.

Астрофизики уверены — вулканическая активность способствует появлению жизни.

Итак, в этой работе мы изучим вулканическую активность на планетах и спутниках Солнечной системы.

Создание модели вулкана в домашних условиях.

Извержения вулканов были и остаются самыми зрелищными, захватывающими, но непредсказуемыми и опасными явлениями природы. Несмотря на весь ужас вулканических извержений, вулканы — главные строители планет.

Основанием вулкана послужила коробка из-под пиццы, жерлом стала небольшая бутылочка, кратер соорудили с помощью соусницы из китайского ресторана. При помощи клея, жгута и бумаги соорудили склоны горы, разукрасили их гуашью. Получился макет вулкана

Вулкан — это, по сути, отверстие в земной коре (или любом небесном теле), через которое выбрасываются магма, пепел и вулканические газы.

Самый эффективный способ классификации вулканов — это их форма и тип магмы, которую они извергают.

Щитовые вулканы извергают самую жидкую (наименее вязкую) лаву, которая движется быстрее и намного дальше от отверстия. Это приводит к устойчивому накоплению широких лавовых листов и созданию его четкой структуры. Щитовые вулканы обычно не извергаются катастрофически.

Вулканы из пеплового конуса.

Являются самым простым и распространенным типом вулканов. Они состоят из вулканических пород.

Эти вулканы маленькие, имеют высоту от 30 до 400 метров, симметричную форму и чашеобразный кратер на вершине. Большинство этих вулканов извергаются только один раз в жизни, но в течение длительного периода времени.

Стратовулканы — это сложные вулканы. Имеют форму конуса, плоское основание, становятся круче к вершине, на которой образуется кратер.

Имеют слоистую структуру, из-за постоянного накопления вулканических материалов.

В настоящее время считаются самым опасным типом вулканов на Земле.

Вулканы — купола лавы.

Небольшие и круглые выпуклости, создаваемые медленными извержениями высоковязкой лавы.

Эти купола создаются в кратере действующих вулканов, но они также могут образовываться независимо.

Магма не течет далеко от отверстия и продолжает накапливаться вокруг него.

Они взрываются.

Газовый вулкан.

Извержение газового вулкана протекает при отсутствии лавы. Когда происходят сильные взрывы, в воздух вырываются обломки твердых пород под давлением магматических газов. Газовое извержение также может быть связано с выбросом перегретых грунтовых вод.

Кривовулканизм.

На некоторых космических объектах извержения происходят в условиях низкой температуры. Из недр вырываются вода, метан и аммиак в жидком и газообразном состоянии.

Впервые такие кривовулканы были обнаружены на спутнике Урана Тритоне

Газовые струи, вылетающие из жерл кривовулканов на высоте 8 км изгибаются на 90° и вытягиваются в широкие горизонтальные шлейфы, тянущиеся на 150 км и более.

Вулканическая деятельность на спутнике Юпитера Ио.

В Солнечной системе вулканически активными считаются:

Земля, Тритон, Ио, Энцелад и Венера (в 2020 году 23 июля ученые объявили о том, что на планете действует как минимум 37 вулканов). Спутник Юпитера Ио — самая геологически активная Луна в Солнечной системе.

Спутник назван в честь мифологической Ио — жрицы Геры.

Первые активные вулканы вне Земли были обнаружены на Ио в 1979 году.

Строение ИО.

ИО не похожа на большинство спутников газовых планет, содержащих много льда.

По размеру немного больше Луны.

Самая высокая плотность среди спутников Солнечной системы.

Ио расслоена на ядро из железа и кору с мантией, богатой силикатами как планеты Земной группы.

Толщина слоя магмы 50 км., а температура 1200 °С

Толщина литосферы из базальта и серы от 12–40 км

Рельеф ИО: гладкие равнины, высокие горы, потоки лавы, ямы различных форм и размеров.

На Ио насчитывается более 400) вулканов и обширные потоки лавы.

Вулканы Ио подразделяются на несколько типов. Первые, которых большинство имеют температуру порядка 300–400 К и скорость выброса газовых продуктов около 500 м/с, высоту выброса до 100 км, осадки преимущественно белого цвета.

Вторые отличаются высокой температурой кальдеры, со скоростью выброса газа около 1 км/с и высотой выброса до 300 км. Главной их отличительной чертой является темная кольцевая окантовка на расстояниях нескольких сотен километров от кальдер. Имеется гипотеза о гейзерном происхождении второго типа извержений.

Список используемых источников:

1. Источник: New-Science.ru <https://new-science.ru/6-razlichnyh-tipov-vulkanov/>
2. Статья «Происхождение Земли». Источник: <https://www.polnaja-jencihlopedija.ru/planeta-zemlya/proishozhdenie-zemli.html>
3. Авторский канал историка и писателя Алексея Лукинского Историк: <https://taplink.cc/luukinsky>
4. Википедия

Математика на шахматной доске

Баклаушев Е.Р.

Научный руководитель — Окунева Т.Д.

МКОУ «СОШ №6 МО», Ахтубинск

Шахматы не перестают быть актуальными с древних времён. В современное время, шахматы остаются популярными среди детей и взрослых. Эта игра обладает некоторыми удивительными характеристиками, такими как увлекательность и спортивный азарт, развивает логическое мышление, память, внимание. В математике также существуют множество задач, связанных с шахматной доской и особенностями каждой фигуры.

Цель работы — изучить взаимосвязь между математикой и шахматной доской.

Задачи:

- Рассмотреть систему построения шахматной доски.
- Изучить приемы шахматной доски.
- Выявить взаимосвязь между математикой и шахматами.

На шахматной доске основными являются шахматные фигуры. Но можно заметить, что шахматная доска сама по себе так же представляет достаточно необычный, интересный математический объект. Между математикой и игрой в шахматы на самом деле есть много общего: в первую очередь, это геометрия, симметрия и координаты.

Типы симметрии:

- Осевая симметрия — симметрия относительно прямой. Шахматная доска — квадрат, разбитый на 64 маленьких квадрата, каждый из которых имеет 4 оси симметрии, шахматная доска также имеет 4 оси симметрии [1]. Мотивы симметрии могут быть разными: с одной стороны, это может быть естественная симметрия, которая возникает в процессе шахматной игры, а с другой стороны, это может быть использовано в шахматных задачах и этюдах. Осью на шахматной доске служит прямая, разделяющая левую и правую стороны доски (граница между вертикалями «d» и «e») или нижнюю и верхнюю части (граница между четвертой и пятой горизонталями) [1]. Например, если белый конь находится на клетке «с2», а черный конь на клетке «с7», мы можем сказать, что они расположены симметрично. Большие диагонали также являются осями.

- Центральная симметрия — симметрия относительно точки. Если фигура «b» и точка «o» на плоскости, то преобразование этой фигуры в фигуру «f1», где каждая точка «x» переходит в точку «x1», симметричную относительно заданной точки «o», называется преобразованием симметрии относительно точки «o» [1].

- Зеркальная симметрия — симметрия относительно плоскости.

Система координат — описание расположения объекта или места.

В математике на плоскости введена система координат, если указан способ, позволяющий однозначно устанавливать положение всех точек плоскости с помощью чисел.

Прямоугольная система координат представляет собой две взаимно перпендикулярные прямые — Ох и Оу, на которых выбраны положительные направления и масштаб для измерения длин. Аналогично, на шахматной доске также присутствуют координаты, при этом обозначаются латинскими буквами горизонтали (Ох), а цифрами — вертикали (Оу). В профессиональной шахматной игре ведутся записи с обозначением фигур и их координатами.

Число — математическое понятие, позволяющее выражать результаты счета или измерения, обозначенное цифрами: четными — делятся на 2 (2, 4, 6, 8 и т.д.) и нечетными — не делятся на 2 (1, 3, 5, 7 и т.д.). Аналогично, на шахматной доске также существует понятие четности и нечетности, которое связано с номером хода.

В шахматной игре существует такое понятие, как правило квадрата. Квадрат — прямоугольник с равными сторонами. Однако неопытные шахматисты часто путаются, рассуждая о том, куда может пойти пешка или король, и, в конце концов, провоцируют поражение.

Существует гипотеза о том, что шахматы произошли от так называемых магических квадратов — квадратная таблица размером $n \times n$, заполненная целыми числами, и обладает свойством: сумма чисел каждой строки, каждого столбца, а также двух главных диагоналей одинакова. Для магических квадратов порядка 8 эта сумма равна 260. Расположение чисел в магических квадратах имеет определенную закономерность. Так, если подсчитать сумму чисел, стоящих на восьми полях — d2, d3, e2, e3, d6, d7, e6, e7, в первых двух ходах, получается магическое число 260 [2]. Тот же результат получится и при каждой последующей паре ходов. Подобные примеры позволяют высказать гипотезу о существовании магических квадратов в игре шахматы.

Для подтверждения взаимосвязи шахмат и математики был проведен опрос среди учащихся 10-х классов (28 человек) с целью выяснить, играют ли они в шахматы и если да, то задачи какого уровня они решают. Результаты опроса показали, что шахматами увлекается 12 человек из 28 опрошенных (43 %), в соревнованиях принимали участие 16 человек (57 %). Опрашиваемые решали 2 задачи. Результаты решений подтвердили, что больший процент ребят, правильно и быстро решивших задачи, приходится на увлекающиеся шахматами.

В ходе исследования была доказана связь математики и шахмат, математические решения задач, связанных с шахматной доской и шахматными фигурами.

Таким образом, увлечение шахматами и математикой способствует развитию внимания, настойчивости, усидчивости, логического мышления.

Математика помогает шахматистам играть и побеждать, а шахматы, в свою очередь, помогают решать, как простые, так и самые сложные математические задачи, способствуют развитию логического мышления и внимания.

Список используемых источников:

1. Пучков А. В. Связь шахмат и математики. Влияние занятий шахматами на успеваемость по математике / А. В. Пучков, М. В. Лысенкова. — Текст : непосредственный // Юный ученый. — 2023. — № 4 (67). — С. 92–99. — URL: <https://moluch.ru/young/archive/67/3584/>

2. Котов А.А. Как стать гроссмейстером — М.: «Russian CHESS House / Русский шахматный дом», 2018 — 296 с.

Беспроводная передача энергии

Биушкин И.А.

Научный руководитель — Окунева Е.С.

МКОУ СОШ №2 МО «Ахтубинский район», Ахтубинск

Человечество достигло значительного прогресса в развитии технологий, особенно в областях искусственного интеллекта, робототехники, нанотехнологий, биотехнологий. Кроме того, наблюдается огромный прогресс в сфере информационных технологий, программирования, мобильных и компьютерных технологий, а также в передаче энергии и ее различных видов.

Одним из видов энергии является беспроводная передача энергии, которая открывает новые возможности для различных сфер жизнедеятельности человека. Данная технология позволяет без прямого подключения кабеля зарядить различные устройства, а также взаимодействовать с многими электроприборами на расстоянии.

Цель работы — воссоздать устройство для беспроводной передачи энергии без специализированного оборудования, проверив и оценив безопасность данного способа передачи энергии.

Задачи:

1. Изучить историю появления беспроводной передачи энергии.
2. Понять принципы передачи энергии устройством, и типы передачи беспроводной энергии.
3. Создать прибор беспроводной передачи энергии.
4. Узнать о будущем данной технологии и как она поможет современному обществу.

Для реализации поставленной цели и задач, необходимо: изучить статьи и иные источники информации; создать устройство для осуществления беспроводной передачи энергии с последующим проведением опытов.

Беспроводная передача энергии может осуществляться без специального оборудования, при этом полноценно выполняет свою основную функцию. Она основана на технологиях, использующих изменяющиеся во времени электрические, магнитные или электромагнитные поля.

Процесс создания беспроводной передачи энергии может показаться сложным, но на самом деле он основан на принципе электромагнитной индукции, открытой Майклом Фарадеем в 1831 году. Для успешной реализации этого проекта потребуются следующие компоненты: передающая и приемная спирали, источник переменного тока, а также резонансные контуры.

Первым шаг — создание передающей спирали. Длинную проволоку необходимо обмотать в виде спирали. Важно, чтобы проволока была хорошо закреплена и не имела перекрестных точек контакта.

На втором шаге создается приемную спираль. Она должна быть выполнена таким же образом, как и передающая, только немного меньшего размера.

Следующим шагом является подключение источника переменного тока к передающей спирали. В данном случае используются батарейки.

Наконец, подключается приемная спираль к нагрузке, которую планируется питать беспроводно. Это может быть, например, мобильное устройство или аккумулятор. При выборе нагрузки важно учесть ее энергопотребление и возможность безопасной обработки полученной энергии.

После всех перечисленных действий включается источник переменного тока и идет наблюдение за тем, как передается энергия от передающей спирали к приемной. Важно помнить, что эффективность передачи будет зависеть от расстояния между спиралями и качества резонансного контура.

Проведенный эксперимент показал, что создание устройства для беспроводной передачи энергии в домашних условиях осуществимо имея минимальные знания по данной теме. Но в любом случае, необходимо тщательно изучить принципы работы данного процесса и соблюдать правила техники безопасности при проведении эксперимента в домашних условиях.

Наш современный мир развивается в геометрической прогрессии. Появляется больше новых технологий, которые помогают человеку развиваться во всех отраслях, и беспроводная передача энергии может стать новым этапом для развития человечества, что и подтверждает актуальность выбранной темы.

Список используемых источников:

1. Технология беспроводной зарядки. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.russianelectronics.ru>

3D моделирование

Волкова К.С.

МКОУ СОШ №1 с УИОП им С.Г. Хуснетдинова, Ахтубинск

Почему я выбрала тему 3D моделирования? Я считаю, что эта тема очень актуальна, ведь 3д технологии активно используются в науке, медицине, промышленности, кино, компьютерных играх и других сферах.

В своем проекте я поставила цель донести основную информацию о 3д моделировании, а также создать свою 3д модель дракона на 3д принтере.

Я выделила основные задачи:

Изучение программы TinsertCad, а также создание 3д модели дракона.

В своей теоретической части я хочу рассказать об истории возникновения 3д моделирования, о том, что это вообще такое и где применяется на сегодняшний день.

Я выбрала программу TinkerCAD для рассмотрения основных функций программы для 3D моделирования. Причины выбора таковы: программа бесплатна и проста в использовании.

Суть моей практической части заключается в печати 3д модели на 3д принтере. После знакомства с программой, я принялась за создание 3д модели на компьютере. Оказалось, это совсем не трудно, ведь программа удобна и проста. Она сама построила «поддержку», для деталей, которые невозможно напечатать без опоры. Также в программе можно подробно увидеть слои. Затем я подключила компьютер к принтеру и нажала кнопку печати. Принтер печатал слой за слоем, и так на мою модель ушло 3 часа. Как оказалось, наблюдать за печатью очень интересно.

После того, как принтер допечатал, нужно было удалить «поддержку», отломав ее, А затем провести финальную обработку, ведь наш школьный принтер печатает не идеально и есть неровности. После финальной обработки модель была готова. Я довольна итогом. Мне очень понравилось работать с 3д принтером и в дальнейшем я бы хотела продолжить этим заниматься.

Безопасные полеты с ультразвуковыми технологиями

Девяткина Д.И.

Научный руководитель — к.э.н. Илова А.А.

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

Одной из серьезных проблем, которая влияет на безопасность авиаперелетов, является столкновение воздушных судов (далее — ВС) с птицами, что может вызвать авиационное происшествие. Оно приводит к: гибели людей; серьезным травмам; повреждению ВС, вызывая значительные финансовые потери из-за простоя и восстановительного ремонта; снижению прибыли авиакомпаний. Риск столкновения ВС с птицами считается одним из самых сложных случаев для регулирования в рамках системы управления безопасностью полетов (далее — СУБП).

По информации, предоставленной Федеральным агентством воздушного транспорта (Росавиация), наблюдается рост количества столкновений ВС с пернатыми существами за 2023 год (статистические данные приводят 1136 случаев), которые привели к повреждению авиатехники. Этот показатель увеличился более чем на 11% по сравнению с предыдущим годом, что подчеркивает актуальность проблемы и необходимость ее решения [1].

В целях повышения безопасности авиаперелетов были изучены существующие орнитологические мероприятия, направленные на предотвращение столкновения ВС с птицами. В рамках исследований также были выявлены наиболее опасные этапы полета и уязвимые места ВС.

В результате проведенного анализа было выявлено, что используемые методы по борьбе с указанной проблемой имеют один общий значительный недостаток — они ограничены радиусом действия аэродрома. В виду чего, ВС остаются без внешней защиты на этапах взлета и посадки.

С целью обеспечения безопасности ВС, независимо от оснащения аэропортов и их противоптичьего оборудования, а также снижения вероятности авиакатастроф, вызванных столкновениями с птицами, сформулировано предложение представителям технических специальностей о необходимости разработки/оптимизации ультразвукового устройства и о размещении его на корпусе. Поскольку 60% всех повреждений приходится на двигатель, то приоритетным вариантом рассмотрения места расположения устройства может стать именно эта зона. С помощью этого устройства возможно вытеснить птиц, излучая ультразвук с частотой около 20 кГц, что вызовет их раздражение и удержит на безопасном расстоянии от самолета. Преимуществами такого подхода является то, что ультразвуковые волны, используемые в воздушной среде, способны распространяться в определенном диапазоне и направлении независимо от видимости и погодных условий. В результате реализации предлагаемого мероприятия воздушное пространство станет более безопасным, ВС защищенным, а авиация — надежной и эффективной.

Список используемых источников:

1. Статистика столкновений с птицами и другими животными//Официальный сайт Федерального агентства воздушного транспорта Министерства транспорта России — Режим доступа: <https://favt.gov.ru/dejatelnost-bezopasnost-poletov-stolknoveniya-ptici-stat>

Способы счета времени

Заварзин Б.К.

Научный руководитель — Якушкина Н.В.

СОШ №1 с УИОП им. Хустнетдинова С.Г., Ахтубинск

На протяжении всей истории люди пытались измерить время, что бы иметь понятие о прошлом, настоящем и будущем. В течение времени это измерение становилось все точнее. Работая над данной темой, я узнал много нового о времени и его измерении. В своем проекте я сравниваю точность электронных песочных часов и обычных песочных часов. Электронные песочные часы имеют ряд преимуществ по сравнению с обычными песочными часами, таких как точность и возможность настройки времени, можно предположить, что в будущем спрос

на эти часы будет расти. Это связано с тем, что электронные песочные часы можно использовать не только в качестве декоративных элементов, но и как функциональное устройство в различных областях жизни. Например, в медицинских учреждениях и лабораториях электронные песочные часы могут использоваться для точного замера времени процессов,

связанных с проверкой препаратов или анализом крови. В образовательных учреждениях эти часы могут быть использованы для преподавания математики, физики или химии, а также для изучения истории культуры и искусства. В быту электронные песочные часы могут использоваться как таймер для приготовления пищи или в качестве декоративного элемента в интерьере. Данное устройство также может стать заменой реальных песочных часов на публичном выступлении, где требуется замер времени для презентации

и отсутствие источников света, для хорошей видимости экрана презентации. Подсветка электронных часов будет ярко выражена в темном помещении, а таймер точно измерит время выступления. Таким образом, можно сделать вывод о том, что разработка и производство электронных песочных часов актуальны и имеют потенциал для дальнейшего развития на рынке.

Список используемых источников:

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Время>
2. https://zen.ru/a/XNFSjVUDPACzs_MJ
3. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%80%D0%B5%D0%BC%D1%8F> Время — Википедия
4. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F_%D1%87%D0%B0%D1%81%D0%BE%D0%B2 — История часов — Википедия

Авиационные реактивные двигатели

Кондрючий И.В.

Научный руководитель — Крухмалева Л.Л.

МКОУ СОШ №4 МО «Ахтубинский район», Ахтубинск

Тема моего проекта «Авиационные реактивные двигатели», как никогда актуальна для современного мира, реактивная авиация используется сейчас повсеместно.

Перед авиаинженерами стоит важная задача правильного выбора типа двигателя под конкретную работу самолета.

Реактивный двигатель или двигатель прямой реакции — вид двигателей, преобразующих внутреннюю энергию сгорающего топлива в кинетическую энергию реактивной струи.

Разработка первых реактивных двигателей началась ещё до появления серийных самолётов, с XIX века.

В 1930 году кадет военно-воздушных сил Англии Фрэнк Уиттл получил патент на конструкцию первого работоспособного турбореактивного двигателя.

В 1939 году в небо поднялся первый в мире самолет HeS 178 с Немецким турбореактивным двигателем Hes 3b.

В 1947 г. на основе закупленных английских двигателей были созданы двигатели, появления которых позволило приступить к созданию в СССР реактивных истребителей второго поколения. Началось серийное производство МиГ-15, который показал себя как лучший из испытанных на тот момент отечественных истребителей.

Прямоточные воздушно-реактивные двигатели (ПВРД) по конструкции они обладают предельно простым устройством. Мотор состоит из входного устройства с диффузором, камеры сгорания и сопла.

Во входное устройство ПВРД поступает воздух и начинает сжиматься в диффузоре, давление и температура воздуха повышаются, кинетическая энергия преобразуется во внутреннюю. Затем воздух поступает в камеру сгорания, которая служит для увеличения скорости потока за счёт сжигания топлива. Далее поток сужается в сопле — выходном устройстве двигателя, преобразующем потенциальную энергию газов в кинетическую энергию вытекающей реактивной струи.

Дозвуковые ПВРД используются для полетов на скоростях, не превышающих скорость звука. Данные двигатели имеют самую низкую эффективность.

В промежутке от 3 до 5 Маха по эффективности сверхзвуковые ПВРД они превосходят все существующие типы авиадвигателей.

Гиперзвуковые ПВРД — двигатели, работающие на скоростях более 5М.

ПВРД, благодаря надежности, простоте и дешевизне, нашли применение для беспилотников, крылатых ракет и летающих мишеней.

Пульсирующие воздушно-реактивные двигатели (ПуВРД) получили свое название от пульсирующего, процесса горения. Работа двигателя циклична. С начала 2010-х годов, после долгого простоя, наблюдается возрождение интереса к ПуВРД. Так, например российская компания «Эникс» выпускает несколько моделей беспилотников-разведчиков, а также мишени для ПВО.

Турбореактивные двигатели (ТРД) состоят из следующих элементов: входного устройства; компрессора; камеры сгорания; турбины; сопла.

Во время полета набегающий поток воздуха тормозится во входном устройстве ТРД: возрастает давление. Далее струя воздуха поступает в компрессор — ключевой агрегат двигателя, состоящий из вращающихся лопаток, служащих для повышения давления воздуха. Из камеры сгорания разогретый и сжатый поток направляется в турбину. Там газы совершают работу, вращая лопатки, вращение передается компрессору через общий вал. После турбины газ попадает в сопло, а затем создаёт реактивную тягу.

Двухконтурные турбореактивные двигатели (ТРДД), имеют лучший КПД по сравнению с ТРД. Они отличаются разделением двигателя на внутренний и внешний контур, позволяющий создавать дополнительную тягу двигателя без затрат топлива.

Важнейшая характеристикой ТРДД является степень двухконтурности m — отношение расхода воздуха во внешнем контуре, к расходу воздуха во внутреннем контуре.

По существу, ТРДД — являются основными двигателями гражданской и военно-транспортной авиации. В них частично удалось победить недостаток реактивных моторов — их неэкономичность.

Форсажные камеры сгорания в ТРДФ (ТРД с форсажной камерой) и ТРДДФ (ТРДД с форсажной камерой), способны, в случае необходимости, увеличивать тягу двигателя за счет сжигания дополнительного горючего. Сегодня они применяются на всех современных истребителях, например, на российском многоцелевом истребителе 5-го поколения Су-57 и на американском F-35.

Особенностью турбовинтовых двигателей (ТВД) является наличие винта, который и создаёт основную тягу. Такими силовыми установками оснащаются самолеты, летающие с небольшой скоростью и на дальние расстояния, например, российский стратегический бомбардировщик — Ту-95. Это позволяет значительно снизить стоимость перелетов.

Турбовальный двигатель (ТВад) очень схож с турбовинтовым. Особенность его в том, что он применяется на вертолетах. Реактивную тягу такой двигатель не создаёт вовсе, а вместо сопла у него выхлоп.

Для наглядного представления агрегатов реактивного двигателя я решил создать свою модель, отражающую структурное строение силовой установки. Я старался повторить строение двухконтурного турбореактивного двигателя с форсажной камерой НК-32, который на сегодняшний день устанавливается на российский стратегический бомбардировщик-ракетоносец Ту-160.

Для изготовления использовался ватман. Для большей прочности была установлена толстая проволока.

Список используемых источников:

1. В. М. Акимов, В. И. Бакулев, Р. И. Курзинер, В. В. Поляков, В. А. Сосунов, С. М. Шляхтенко. Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей//«Машиностроение». 1987.

Изучение свойств марсианского льда в земных условиях

Лахнов А.А.

Научный руководитель — Крухмалёва Л.Л.

МКОУ СОШ № 4, Ахтубинск

По данным космических исследований атмосфера Марса более разрежена, чем воздушная оболочка Земли. По составу она напоминает атмосферу Венеры и на 95% состоит из углекислого газа. Средняя температура на Марсе значительно ниже, чем на Земле (около -40°C). При наиболее благоприятных условиях летом на дневной половине планеты воздух прогревается до 20°C — это вполне приемлемая температура для жителей Земли. Но зимой ночью мороз может достигать до -125°C . При зимней температуре даже углекислота замерзает, превращаясь в сухой лед. Такие резкие перепады температуры вызваны тем, что разреженная атмосфера Марса не способна долго удерживать тепло.

Исследования Марса доказывают, что основные залежи льда сконцентрированы преимущественно в кратерах, полярных шапках и под грунтом. На планете обнаружены две полярные шапки: Северная и Южная. Именно они и являются основным поверхностным источником воды в виде льда. Природа и характеристика полярных шапок различаются, как и их состав. Северная шапка больше и, скорее всего, по наблюдениям ученых, состоит в большей степени из воды, в то время как Южная имеет в своем составе много замёрзших паров углекислоты. Исследователи подтвердили возможность того, что они состоят из замёрзшей углекислоты — «сухого льда».

«Сухой лёд» — это твёрдая форма двуокиси углерода (CO_2) или углекислого газа.

При давлении 0,536 МПа и температуре, равной $-56,6^{\circ}\text{C}$ углекислота может находиться сразу в трех состояниях: твердом, жидком и газообразном. При более низком давлении, а значит, и при атмосферном давлении могут быть только два состояния — твердое и газообразное.

Сублимация — это переход вещества непосредственно из твёрдого состояния в газообразное, без прохождения через жидкое состояние.

Английские исследователи из Нортумбрийского университета сделали прототип двигателя, который может работать на куске сухого льда. В основе конструкции лежит эффект Лейденфроста.

Суть этого эффекта многие могут наблюдать лично, когда смотрят на катающуюся по горячей сковородке каплю воды. Всем ясно, что температура сковородки намного выше температуры кипения воды, и капля должна бы сразу испариться, но она ещё какое-то время существует. Получается капля не испаряется моментально. Это происходит из-за появления прослойки пара, которая образуется в месте контакта капли и раскаленной поверхности. Получается, что часть капли превращается в пар, который, в свою очередь, приподнимает каплю над поверхностью, не давая оставшейся жидкости моментально испариться.

Английские исследователи сделали нагреваемую поверхность в форме диска, с профилем, похожим на лопасти турбины. Теперь, если на такую разогретую поверхность поместить каплю воды, то образующийся в месте контакта пар будет не только поддерживать каплю на весу, но и будет толкать ее в определенном направлении. Капля будет бегать по кругу, пока не испарится. Если на такую нагретую поверхность положить диск из сухого льда, то испаряющаяся двуокись углерода начнет раскручивать диск, при этом геометрия поверхности не даст ему сойти с оси, потоки газа будут возвращать диск к центру. Теперь если на диске из сухого льда закрепить магниты, и поместить всю конструкцию внутрь проводящего контура, то получится самый настоящий электрогенератор, в котором нет никаких трущихся частей, а значит и потерь на трение.

При работе с «сухим льдом» я использовал перчатки, чтобы не получить ожог. Когда я взял несколько гранул «сухого льда» и осмотрел их при дневном свете — они были белого цвета, непрозрачные. Я сделал вывод, что «сухой лед» — это вещество белого цвета.

После этого я поднес «сухой лед» к носу на расстояние — примерно 10 см, чтобы почувствовать его запах. Но, не уловив его, сделала вывод, что это вещество без запаха.

Для того, чтобы проверить является ли «сухой лед» горючим веществом, я также как и в предыдущем случае поместил в стеклянную банку с горячей водой «сухой лед», а затем зажег свечу и опустил её в банку с испаряющимся «сухим льдом». Огонь свечи моментально погас. Это объясняется тем, что «сухой лед» быстро испаряется и заполняет большую часть банки тяжелым углекислым газом. Вытеснение кислорода не позволяет огню гореть дальше. Поэтому я сделал вывод, что «сухой лед» — не горит и не поддерживает горение.

С каждым годом масштабы использования в обычной жизни «сухого льда» в промышленности и других областях народного хозяйства неуклонно растут и расширяются, охватывая все более новые и перспективные направления деятельности.

Среди всех сфер применения сухого льда можно выделить технологии и виды деятельности, в которых без этого вещества обойтись невозможно или предельно трудно. Это криобластинг, медицина, сельскохозяйственное производство и общественное питание.

В работе я подробно рассмотрел физические и химические свойства сухого льда, его структуру, технологию получения, а также подробно изучил процесс сублимации этого вещества. Помимо этого рассмотрел эффект Лейденфроста, который используется в основе создания конструкции двигателя.

Список используемых источников:

1. Атмосфера и климат Марса. — [Электронный ресурс]/ — Электронные текстовые данные — Режим доступа: <https://ru.m.wikipedia.org/wiki/марс>, свободный.
2. Атмосфера и климат планеты Марс. — [Электронный ресурс]/ — Электронные текстовые данные — Режим доступа: <http://galspace.spb.ru/index41.html>, свободный.
3. Ледники Марса. — [Электронный ресурс]/ — Электронные текстовые данные — Режим доступа: <https://marsplaneta.ru/ledniki-marsa-chem-oni-mogut-byt-polezny>, свободный.
4. Сухой лёд. — [Электронный ресурс]/ — Электронные текстовые данные — Режим доступа: <https://studfile.net/preview/7313628/page:34>, свободный.

3d моделирование

Манченко А.О.

Научный руководитель — Червоненко С.С.

МКОУ СОШ №1 с УИОП им. С.Г. Хуснетдинова, Ахтубинск

Трёхмерное моделирование — это процесс создания трёхмерных визуальных представлений объектов, которые могут быть как реальными, так и полностью абстрактными. Данная технология нашла широкое применение в различных областях: компьютерные игры, архитектура и дизайн, производство, наука и медицина, кино и анимация.

Основная цель трёхмерного моделирования — создать реалистичное и точное представление объекта, которое можно использовать для различных целей, таких как проектирование, анализ, визуализация и производство.

Одним из популярных программных обеспечений для 3D-моделирования является TinkerCAD. Это бесплатная и простая в использовании программа, которая подходит для начинающих пользователей. TinkerCAD имеет интуитивно понятный интерфейс и широкий набор инструментов для создания различных 3D-моделей.

Актуальность:

актуальность данной темы исследования состоит в том, что 3D графика стала неотъемлемой частью нашей жизни, влияя на многие сферы деятельности и привнося в них новые возможности и перспективы. Эта технология обрела огромную популярность и все больше людей используют её для создания реалистичных и захватывающих проектов.

Цель:

донести информацию о 3D моделировании при помощи создания фигуры средневекового замка.

Задачи:

1. Изучить программу TinkerCAD.
2. Создать 3D модель средневекового замка.

Что такое 3d моделирование?

В современном мире все чаще возникает потребность в точном и наглядном представлении различных объектов, от деталей машин до интерьеров помещений. Для решения этой задачи на помощь приходит 3D-моделирование — процесс создания цифровых трехмерных моделей, которые обладают точно такими же внешними характеристиками, как и их реальные прототипы.

Суть процесса 3D-моделирования заключается в создании трехмерных моделей объектов с использованием специального программного обеспечения. В результате получается виртуальная модель, которая полностью отражает все характеристики реального объекта, включая форму, размеры, цвет и текстуру.

После создания 3D-модели ее можно использовать для самых разных целей. Такие как дизайн интерьера, архитектура, промышленный дизайн, игры и анимация, медицина. 3D-моделирование постепенно проникает во все больше отраслей, и его возможности продолжают расширяться вместе с развитием технологий.

Суть практики

Эксперимент, который я решил провести, имеет не только целью попробовать новое интересное занятие, но и раскрыть перед собой, насколько легок процесс 3D моделирования. Основная идея состоит в том, чтобы найти информацию, тщательно изучить ее, а затем применить на практике, чтобы получить готовую трехмерную модель. Стоит отметить, что я не имею опыта в 3D-моделировании. Вопреки этим обстоятельствам, я принял решение создать 3D-модель «Средневекового замка».

Создание 3d модели «Средневековый замок»

Этапы в создании 3D модели

- Создание виртуальной модели на компьютере
- Экспорт 3D-модели в формат принтера
- Генерация G-кода
- Настройка принтера
- Печать каждой из деталей
- Финальная обработка физической модели

Гидрофобное покрытие

Меньшаков Н.С.

Научный руководитель — Якушкина Н.В.

МКОУ СОШ №1 с УИОП им. С.Г. Хуснетдинова, Ахтубинск

Краевой угол смачивания это угол, образующийся между касательной, проведенной к поверхности границы между жидкостью и газом, и твердой поверхностью. Это количественная мера силы взаимодействия между молекулами жидкости и поверхностью. Краевой угол всегда измеряется в пределах жидкой фазы и зависит от работы адгезии и когезии.

Считается, что когда значение краевого угла меньше 90 градусов, происходит смачивание твёрдой поверхности. Такая поверхность называется лиофильной (если используется вода, то гидрофильной). Если значение краевого угла больше 90 градусов, то смачивание жидкостью не происходит, и поверхность является лиофобной (в случае с водой — гидрофобной). При полном смачивании краевой угол равен нулю, а при полном или абсолютном несмачивании — 180 градусов. Однако последнее значение не встречается в природе.

Работа адгезии ориентирована на распределение жидкости по поверхности твердого материала, путем растяжения. С другой стороны, когезионные силы существуют в противоположность адгезии и стимулируют сжатие жидкости в форму капли, препятствуя ее растеканию.

Гидрофобность представляет собой физическую характеристику молекулы, проявляющуюся ее способностью избегать контакта с водой.

Смачивание — явление, которое возникает при соприкосновении жидкости с поверхностью твёрдого тела или другой жидкости. Смачивание часто рассматривается как результат взаимодействия трех сред.

Кинетический тип гистерезиса смачивания возникает при изменении значений углов смачивания — разницы между углами натекания и отскакивания.

Статистический характер гистерезиса связан с уменьшением периметра смачивания. Он рассчитывается как разница между углом равновесия и рассчитанным углом.

Эффект лотоса — это особое свойство поверхности, при котором она очень слабо смачивается. Об этом эффекте можно наблюдать, например, на листьях и лепестках растений рода Лотос, а также на листьях тростника и водосбора.

Следовательно, краевой угол смачивания, работа адгезии, когезии, гидрофобность и смачивание являются важными физическими свойствами, которые определяют взаимодействие жидкости с твердыми поверхностями или другими жидкостями. Различные типы гистерезиса смачивания также играют роль в этом процессе.

Список используемых источников:

1. Физика. Энциклопедия / Под ред. Ю.В.Прохорова. — М.: Большая Российская энциклопедия, 2003.

2. Физический энциклопедический словарь. — М.: Сов. Энциклопедия, 1984.

3. https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D0%B0%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D1%83%D0%B3%D0%BE%D0%BB_%D1%81%D0%BC%D0%B0%D1%87%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F

Прогностическое моделирование сроков летной части опытно-конструкторских работ по созданию авиационной техники

Никулин Я.В.

Научный руководитель — доцент, д.т.н. Николаев С.В.

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

В практике создания авиационной техники используется понятие ее жизненного цикла, одним из этапов которого является этап государственных летных испытаний образца авиационной техники. Этот этап относится к стадии опытно-конструкторских работ и является одним из самых объемных с точки зрения временных и финансовых затрат.

В этой связи для лица, принимающего решение, актуальной задачей является корректное определение предполагаемых сроков проведения летных испытаний образца авиационной техники, таким образом, чтобы этап не был заведомо невыполним, либо излишне затянут.

Известно, что создание научных предпосылок для принятия управленческих решений возможно за счет использования прогнозов, нацеленных на выявление возможных вариантов развития системы, то есть является научно-обоснованным суждением, отражающим возможное состояние анализируемого объекта в будущем, а так же характеристику альтернативных путей и конкретных сроков их достижения.

Для решения задачи определения сроков летной части опытно-конструкторских работ предлагается использовать методы прогностического моделирования. В общем случае предполагается разработка моделей, которые могут прогнозировать тенденции, будущие события или закономерности на основе статистических данных за определенный исторический период.

В докладе представлена реализованная в программе для ЭВМ модель, за счет чего выполнена автоматизация процесса прогнозирования. Разработанная программа анализирует исторические данные и текущие данные для прогнозирования будущих событий, аномалий, результатов, тенденций, закономерностей и поведения.

Список используемых источников:

1. Верещиков Д.В., Николаев С.В., Торопов В.А. Методы оценки авиационных комплексов. — Монография под редакцией С.В. Николаева — М.: Изд-во МАИ, 2021. — 332 с.

2. Сафронова В.М. Прогнозирование и моделирование в социальной работе: Учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений — М.:Издательский центр «Академия», 2002. — 192 с.

3. Антохонова, И. В. Методы прогнозирования социально-экономических процессов : учебное пособие для вузов / И. В. Антохонова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 213 с.

4. Сниток В. Е. Прогнозирование. Модели, методы, алгоритмы: учебное пособие. — К.: «Маклаут», 2008. — 364 с.

Организация радиосвязи в области радиотени

Омаров А.Н.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Нестеров С.В.

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

Радиосвязь в области радиотени является важным аспектом современных коммуникаций. В отличие от радиосвязи в зоне прямой видимости, область радиотени позволяет устанавливать связь на большие расстояния без использования ретрансляторов и отражения от ионосферы. Однако, радиосигналы в этой области могут сталкиваться с большими ослаблениями, что требует особого подхода к расчетам.

Формулы Фока используются для расчета напряженности поля в области радиотени. Они учитывают расстояние между передатчиком и приемником, их высоты расположения и длину волны. Эти параметры влияют на коэффициент ослабления сигнала, который определяет его интенсивность при достижении приемника.

Проведенные исследования по организации радиосвязи в области радиотени показывают, что несмотря на ослабление сигнала, можно добиться успешной связи при определенных условиях. Например, правильный выбор передатчика и приемника, установка антенн на достаточной высоте, а также учет параметров окружающей среды могут значительно повысить качество радиосвязи.

Важно отметить, что радиосвязь в области радиотени имеет широкий спектр применения, включая связь на отдаленных территориях, в сельской местности или в условиях чрезвычайных ситуаций. Поэтому изучение и оптимизация этого вида коммуникаций является актуальной задачей в современном мире.

Таким образом, радиосвязь в области радиотени представляет собой сложный и интересный аспект в области телекоммуникаций. Ее исследование и развитие позволят улучшить качество связи на большие расстояния без необходимости использования дополнительных технологий.

Свойства жидкости. Поверхностное натяжение

Павличенко Л.С.

Научный руководитель — Якушкина Н.В.

МКОУ СОШ №1 с УИОП, Ахтубинск

1) Введение.

Вода — это вещество, которое имеет важное значение для нашей планеты. Вода — это безвкусная и бесцветная жидкость, которая обладает способностью создавать прочную поверхностную плёнку.

2) Понятие и характеристики поверхностного натяжения.

В окружающем нас мире действует много различных сил. Есть одна сила, на которую мало обращено наше внимание. Эта сила вовсе небольшая и совсем не вызывает удивления у большинства людей. Тем не менее, мы не сможем налить воды в стакан, не сможем совершить другие действия, связанные с водой, без того, чтобы не привести в действие эту силу — силу поверхностного натяжения.

С таким явлением как поверхностное натяжение жидкости мы сталкиваемся каждый день:

- капли воды стремятся принять форму, похожую на шарообразную;
- струя воды из-под крана стремится к форме, которая похожа на цилиндрическую и тд.

Поверхность жидкости похожую на упругую пленку делает наличие сил поверхностного натяжения. Разница только в том, что силы поверхностного натяжения не зависят от площади поверхности, а упругие силы — зависят.

Сила поверхностного натяжения — это сила, обусловленная взаимным притяжением молекул жидкости, направленная по касательной к её поверхности.

3) Коэффициент поверхностного натяжения

Коэффициент поверхностного натяжения — это физическая величина, которая характеризует данную жидкость и численно равна отношению поверхностной энергии к площади свободной поверхности жидкости.

Коэффициент поверхностного натяжения зависит от:

1. Природы жидкости.
2. Температуры.
3. Различных примесей.
4. Свойства газа, который граничит с исследуемой жидкостью.
- 4) Роль поверхностного натяжения в жизни.

Роль поверхностного натяжения в жизни человека очень важна. Например, из чернильницы обычная ручка не зачерпнула бы чернил, а автоматическая оставила бы большую каплю.

5) Практическая часть

Существует несколько методов измерения коэффициента поверхностного натяжения: статические и динамические.

Мне стало интересно провести метод счета капель (расчитать коэффициент поверхностного натяжения различных жидкостей методом счета капелькапель)

и метод капиллярных волн(пределения коэффициента поверхностного натяжения воды с помощью устройств, доступных в бытовых условиях)

Проведя все эти опыты, я сделала определённые выводы, которые стали интересны мне

Список используемых источников:

1. <https://skysmart.ru/articles/physics/poverhnochnoe-natyazhenie>
2. <https://lc.rt.ru/classbook/fizika-10-klass/osnovy-termodinamiki/6181>
3. <https://qsstudy.com/use-of-surface-tension/>

Катушка Тесла

Паншин И.А.

Научный руководитель — Якушкина Н.В.

МКОУ СОШ №1 с УИОП им. С. Г. Хуснетдинова, Ахтубинск

Цель проекта:

1. Собрать модель катушки Тесла, продемонстрировать ее работу, пронаблюдать физические электромагнитные явления катушки.

2. Узнать о создателе этого изобретения, узнать, как была изобретена катушка Тесла, узнать существует ли связь между учёным Николой Тесла и падением Тунгусского метеорита.

3. Провести несколько интересных экспериментов с моделью катушки Тесла.

Актуальность:

Проделанная работа направлена на более подробное изучение физики в целом, чтобы узнать много нового о деятельности великого ученого-физика и инженера Николы Тесла, его невероятный вклад в развитие электричества, а также собрать своими руками модель катушки Тесла, понять и продемонстрировать работу и устройства этого удивительного изобретения. Тем более что с электричеством мы сталкиваемся каждый день и именно эта сфера жизни наиболее активно развивается.

Гипотеза:

С помощью электромагнитных явлений катушки, возможно передавать электрический ток беспроводным способом.

Задачи:

1. Изучить и проанализировать литературу об учёном-физике и инженере Николе Тесла и его достижениях в области физики и математики.
2. Сделать презентацию с процессом создания катушки.
3. Доказать возможность передачи электрического тока без использования проводников.
4. Ознакомить слушателей с проектом и презентацией.
5. Рассказать где и в какой области применяют катушку Тесла.
6. Объяснить почему никто всерьёз не занимается развитием технологии катушки Тесла.
7. Подвести итоги и кратко сформулировать выводы, рассказать о перспективе развития технологии катушки Тесла

Список используемых источников:

<https://hi-news.ru/eto-interesno/katushka-tesly-genialnoe-izobretenie-teoriya-zagovora-i-tungusskij-meteorit.html>

https://ru.wikipedia.org/wiki/Трансформатор_Теслы

<https://biographie.ru/uchenie/nikola-tesla/>

Возможность создания пушки Гаусса в домашних условиях

Потапов Е.П.

Научный руководитель — Крухмалева Л.Л.

СОШ №4, Ахтубинск

Свое название пушка получила от имени немецкого ученого Карла Гаусса. Именно Гаусс заложил основы математической теории электромагнетизма. Авторство изобретения приписывают Францу Оскару Лео-Эрцману, австрийскому инженеру, представителю Венской школы, пионеру «науки о космических полетах». Франц Оскар Лео-Эльдер фон Гефт — пионер космической науки Венской школы.

Он предложил использовать принцип метания пули с помощью электромагнитной пушки с катушкой. Катушечная электромагнитная пушка. Принцип действия заключается в том, что снаряд из ферромагнитного материала. Снаряд из ферромагнитного материала вставляется в один конец ствола. При подаче электрического тока. Когда ток проходит через соленоид, создается электромагнитное поле, притягивающее снаряд. Это притягивает и ускоряет снаряд. В этом случае снаряд намагничивается в соответствии с полюсами соленоида. Он намагничивается полюсами электромагнитного клапана и застревает в центре электромагнитного клапана. Снаряд проходит через центр электромагнитного клапана и движется в противоположном направлении. В результате снаряд, пройдя через центр электромагнитного клапана, движется в обратном направлении и замедляется. Параметры ускорительной катушки. Параметры ускорительной катушки, снаряда и конденсатора определяются в момент выстрела. Когда снаряд приближается к соленоиду, индукция магнитного поля соленоида максимальна, но снаряд и конденсатор должны быть установлены таким образом, чтобы при приближении снаряда к соленоиду индукция магнитного поля была максимальной, но быстро уменьшалась. Когда снаряд приближается к соленоиду, индукция магнитного поля достигает максимума. Чтобы собрать гауссову пушку в домашних условиях, необходимы полый ствол (диэлектрик) и медная проволока. Вам понадобится полый ствол (диэлектрик) и медная проволока. Затем постройте катушку вокруг сердечника.

Оберните каждый слой бумагой. Эта схема имеет Лампа накаливания установлена для индикации заряда на конденсаторе. Диод используется для подачи постоянного тока на конденсатор и предотвращения обратного тока в цепи питания. Он служит для предотвращения. К схеме были подключены четыре конденсатора. Каждый из них емкостью 470 мкФ был подключен параллельно при напряжении 200 В. Подключение бочкового соленоида к схеме. Вся проводка в цепи изолированы. В результате была получена гауссова пушка. Чтобы рассчитать КПД, необходимо вычислить два параметра гауссовой пушки. Во-первых, необходимо знать общую механическую работу, совершаемую гауссовой пушкой. Вычислите среднюю емкость конденсаторов. Вычислите среднюю емкость конденсаторов.

Вычислите среднюю емкость конденсаторов. Емкость конденсатора 0,00188 Ф. Напряжение параллельных соединений.

Напряжения всех конденсаторов одинаковы и равны 200 В. Полученные данные можно подставить в уравнение, чтобы получить механическую работу 37,6 Дж. для измерения. Для измерения времени полета и скорости используется баллистический маятник. Согласно. Из полученных данных определяется начальная скорость пули 11. Скорость. После того как скорость известна, определяется кинетическая энергия 0,25 Дж. Эффективность пушки Гаусса 0,65%. Основными критериями для сравнения самодельного пистолета Гаусса с пневматическим пистолетом МР-651КС являются. Основным критерием для сравнения с пневматическим пистолетом МР-651КС является импульс пули: 0,044 (кг х м)/с, 0,05 (кг х м)/с соответственно. Это говорит о том, что баллистические характеристики обоих пистолетов практически идентичны. Кроме того, для подачи энергии на пушку Гаусса. Для приведения в действие пушки Гаусса требуется аккумулятор большой емкости, который не должен контактировать с водой. Контакт с водой невозможен. По этой причине пушки Гаусса не подходят для использования в полевых условиях. В полевых условиях. Для того чтобы снова использовать пневматический пистолет, вам понадобится только баллон с газом CO₂. Только газовый баллончик CO₂. Положительные стороны пистолета Гаусса — это бесшумность, вариативность и стоимость сборки. Теоретически пушку Гаусса можно использовать для запуска легких спутников на орбиту. Также теоретически возможен запуск спутников на орбиту. Основное применение — любительские установки, для демонстрации свойств ферромагнетизма. Также он используется довольно широко. В качестве детской игрушки или для технического творчества самодельных машин. Есть у гаусс-пушки и еще одно ограничение. Поле за снарядом должно быть быстро отключено. В противном случае поле за снарядом задерживает выстрел и сильно снижает его эффективность. Таким образом, напрашивается вывод, что классические пушки Гаусса не могут использоваться для вывода спутников на орбиту. Вывод такой. В ходе исследовательской работы были поняты принципы работы гауссовой пушки и применили принципы гауссовой пушки для создания электромагнитного ускорителя масс в домашних условиях. В домашних условиях. Были проведены эксперименты по расчету эффективности гауссовых пушек.

Список используемых источников:

1. Электронные Gauss gun — сказание о КПД: [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/174681/>
2. Исследование пушки Гаусса: [Электронный ресурс]. URL: <https://naukatehnika.com/elektromagnitnoe-oruzhie.html>
3. Космический старт с помощью модифицированной пушки Гаусса: [Электронный ресурс]. URL: <https://pandia.ru/text/80/198/31951.php>

Экспериментальное исследование работы гиратора

Сорокина Е.Е., Акимова Д.А.

Научный руководитель — доцент, к.т.н. Нестеров С.В.

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

При изготовлении электрических схем самыми нестандартными пассивными элементами являются катушки индуктивности (или просто индуктивности). Если резисторы и конденсаторы выбираются из стандартного ряда элементов, то индуктивности требуют в каждом случае индивидуального изготовления. Кроме того, к катушкам индуктивности плохо применяются общие методы миниатюризации электронной техники. Эти недостатки можно устранить применением гиратора.

Гиратор изменяет первоначальный импеданс на противоположный ему, то есть цепи, включающие в себя емкость, будут проявлять свойства индуктивности. Впервые гиратор как новый элемент электроцепи был предложен Бернардом Теллегеном в 1948 году.

Для реализации гиратора в цепи используется конденсатор и операционный усилитель или резистор и транзистор. Гиратор, имеющий большое значение сопротивления и малые

значения емкости, сможет имитировать большое значение индуктивности. Особенно популярны гираторы в микросхемах, в которых катушки индуктивности применить нельзя.

При создании гираторов возникают трудности в получении индуктивности, у которой оба вывода не соединены с общей шиной, что требует использования как минимум четырех операционных усилителей. Еще одной проблемой является ограниченный диапазон рабочих частот гиратора, который может быть до нескольких килогерц при использовании операционных усилителей общего назначения.

В процессе исследований в программной среде Electronics Workbench и на лабораторной установке были собраны различные гираторные схемы. Были определены их амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики и выполнено сравнение со схемами, включающими индуктивность. Так же было проведено сравнение электрической цепи с индуктивностью и электрической цепи с гиратором.

Разработка предложения по созданию справочного веб-сайта по физике

Цымбалов Д.С.

Научный руководитель — Окунева Е.С.

МКОУ СОШ №2 МО «Ахтубинский район», Ахтубинск

В современном мире человек все больше и больше становится неразделимым с современными технологиями, которые идут в ногу с развитием науки.

Информационные технологии (далее ИТ) представляют широкий спектр специальностей, которые охватывают такие отрасли как: телекоммуникационные системы, нанотехнологии, инженерии, интернет сферу и даже медицину.

Сфера современного образования не может быть полностью исключительной без активного использования ИТ. Они играют важнейшую роль в упрощении процесса обучения как для учащихся, так и для преподавателей. Множество веб-сайтов с полезной информацией, а также создание ботов, способных помочь в обучении, свидетельствуют о значимости перехода к цифровым форматам. На основании чего идея создания веб-ресурса, специализированного на физике, является актуальной.

Цель работы — создание веб-сайта со справочными материалами по физике.

Для достижения цели необходимо выполнить следующие задачи:

- Изучить интернет ресурсы по данной теме;
- Изучить теоретическую составляющую по программированию;
- Познакомиться с основными современными языками программирования и интерпретаторами «IDE»;
- Исследовать характер развития сферы ИТ в условиях современного социума;
- Проанализировать полученные данные и результаты, а затем на практике создать веб-сайт со справочными материалами по физике.

В ходе мониторинга интернет ресурсов было выявлено, что существует достаточно много сайтов, где можно найти ту или иную информацию по физике, в том числе со справочными, учебными, видео материалами, а также персональные блоги. Однако многие из них не обновляются, а также перенасыщены разнообразной информацией. Современному школьнику часто необходимо получить конкретную информацию, например, найти нужную формулу.

Для реализации задуманной идеи были изучены:

1. Основные виды интерпретаторов:
 - Scratch — блочная среда программирования, предназначенная для молодежи и подростков.
 - Go или Golang — компилируемый многопоточный язык с открытым исходным кодом, используемый в веб-сервисах и клиент-серверных приложениях [1].
 - КуМир — система программирования, предназначенная для поддержки начальных курсов информатики и программирования в средней и высшей школе [2].
2. Основные языки программирования, используемые при разработке веб-сайта:
 - Java — многофункциональный, объектно-ориентированный, компилируемый язык программирования, используемый на миллиардах устройств по всему миру.

- JavaScript или JS — интерпретируемый язык программирования, который применяется для создания frontend- и backend-частей веб-сайтов, а также мобильных приложений.

- C++ — высокоуровневый компилируемый язык программирования общего назначения со статической типизацией, который подходит для создания самых различных приложений [3].

- Python — универсальный интерпретируемый, скриптовый язык программирования, который применяется для решения разнообразных задач на разных платформах, включая iOS, Android и серверные операционные системы.

3. Важные составляющие веб-сайта:

- «Константа» — способ адресации данных, изменение которых рассматриваемой программой предполагается или запрещается.

- «Оператор» — наименьшая автономная часть языка программирования или набор определённых символов.

- «HTML» — стандартизированный язык гипертекстовой разметки документов для просмотра веб-страниц.

Создание веб-сайта — многоступенчатый, детальный процесс, требующий сочетания навыков программирования, креативности и внимательности. Для достижения результата, разработчику необходимо соблюдать определённую последовательность действий.

1. Изучение требований. Разработчик должен определить функциональные особенности, дизайн и общий стиль сайта.

2. Создание структуры. На этом этапе определяются основные разделы и подразделы сайта, а также взаимосвязи между ними, что позволяет создать логическую и удобную навигацию для пользователей.

3. Разработка дизайна. Основываясь на требованиях первого шага, разработчик создаёт эстетически привлекательный и функциональный дизайн, который наилучшим образом подчёркивает уникальность и цели сайта.

4. Разработка контента. Разработчик создаёт качественный и уникальный контент, который соответствует потребностям и интересам целевой аудитории.

5. Программирование и разработка функциональности. Используя различные языки программирования и инструменты, разработчик создаёт интерактивные элементы, формы обратной связи, и другие функции, необходимые для полноценного функционирования сайта.

6. Развертывание и оптимизация. Разработчик загружает сайт на определённый хостинг-сервер и проверяет его работоспособность на разных устройствах и браузерах.

Весь процесс создания веб-сайта требует тщательного планирования и тестирования для достижения оптимального результата.

Таким образом, в ходе работы были изучены теоретические материалы по теме исследования и создан веб-сайт со справочными материалами по физике.

Список используемых источников:

1. Go (Golang): что это за язык программирования, чем отличается от других и как на нём работать / Skillbox Media — Режим доступа: https://skillbox.ru/media/code/yazyk_go_chno_pod_kapotom_i_zachem_programmistu_uchit_ego_kak_vtoroy/

2. Система программирования КуМир — Режим доступа: <https://www.niisi.ru/kumir/>

3. Язык программирования C++ — Режим доступа: <https://metanit.com/cpp/tutorial/1.1.php>

Исследование аэродинамики крыла самолёта и выбор его рациональных форм

Шведов М.Ю.

Научный руководитель — Крухмалёва Л.Л.

МКОУ СОШ №4 МО «Ахтубинский район», Ахтубинск

Авиация на сегодняшний день играет ключевую роль в международной торговле и экономическом развитии, является важным аспектом в глобальной логистике и цепях поставок. Исследование аэродинамики крыла заинтересует тех, кому не безразлична авиация, послужит им в её изучении отправной точкой.

Аэродинамика — это наука, изучающая поведение газов и их взаимодействие с движущимися в них телами. Главной задачей аэродинамики является выбор рациональных форм ЛА, от которых зависит величина воздействия аэродинамических сил.

Основоположниками науки считают российских академиков Даниила Бернулли и Николая Егоровича Жуковского.

Для удобства аэродинамических расчетов используется стандартная модель атмосферы.

Уравнение, связывающее основные параметры, характеризующими состояние воздуха, называется уравнением Менделеева-Клапейрона.

Вязкость воздуха — это величина, которая характеризует сопротивление слоев воздуха относительному перемещению при движении.

Сжимаемость — это способность среды изменять свой объем при воздействии на нее различных давлений.

Чтобы определить скорость объекта относительно скорости звука, используется величина, называемая числом Маха.

Движение частиц воздуха набегающего потока представляют в виде траекторий и линий тока.

Формула, описывающая движение воздуха в элементарной струйке, называется уравнением неразрывности. При изменении скорости потока в струйке вступает в силу уравнение Бернулли, является важным фактором при рассмотрении аэродинамических сил.

Набегающий поток оказывает на крыло механическое воздействие, распределённое по его поверхности. Равнодействующая сила этого воздействия, направленная от центра масс называется аэродинамической силой.

Подъёмная сила — проекция аэродинамической силы на ось ординат. Получить подъёмную силу можно, если поставить симметричный профиль под некоторый угол атаки, а можно сделать его несимметричным. Её образует разница статических давлений на нижней и верхних частях крыла.

Чем выше будет угол атаки, тем выше будет и подъёмная сила. Угол атаки, при котором подъёмная сила крыла будет максимальной, называется критическим. После его преодоления произойдёт срыв потока.

На тело в процессе полёта также действует сила лобового сопротивления. Она является проекцией аэродинамической силы на ось абсцисс.

Для взаимосвязи подъёмной силы и силы лобового сопротивления используют величину, называемую аэродинамическим качеством.

График, отображающий зависимость между коэффициентами подъёмной силы и силы лобового сопротивления, называется полярой.

Для того, чтобы самостоятельно убедиться в создании подъёмной силы на поверхности крыла, было принято решение провести лабораторную работу.

На её основе были построены векторные графики распределения давлений на поверхности крыла и коэффициенты подъёмной силы для каждого замеренного угла атаки. На их базе был построен график зависимости подъёмной силы от угла атаки. Принципы создания подъёмной силы и её изменение от угла атаки были доказаны.

ЛТХ в значительной мере зависят от аэродинамических характеристик. К числу важнейших относят аэродинамическое качество и несущие свойства, характеризующиеся зависимостью коэффициентов подъёмной силы и силы лобового сопротивления от угла атаки.

Форма крыла, наиболее полно обеспечивающая получение требуемых ЛТХ и максимальной величины аэродинамического качества, базируется на геометрических характеристиках крыла в плане и в профиле.

Наиболее важными геометрическими характеристиками, оказывающими основополагающее влияние на аэродинамическое качество при рассмотрении крыла в плане, служат угол стреловидности и удлинение.

Как на внешнюю форму, так и на аэродинамическое качество профиля напрямую влияют две величины: относительная толщина и относительная кривизна.

Для того, чтобы самому увидеть и продемонстрировать зависимость аэродинамического качества от геометрических характеристик крыла, было проведено исследование при помощи программного обеспечения XFRLR5. Программа позволяет производить вычисления аэродинамических характеристик до момента срыва потока без учёта сжимаемости воздуха.

Были созданы девять моделей крыла таким образом, чтобы по две из них приходились на изменение необходимой геометрической характеристики, отталкиваясь от одной базовой модели.

В результате подсчётов были получены графики зависимости подъёмной силы, сил лобового сопротивления, аэродинамического качества от угла атаки, а также поляра.

На основе полученных результатов было выяснено, как геометрические характеристики крыла влияют на его аэродинамические характеристики.

Список используемых источников:

1. Алтухов В.А., Брага В.Г., Бутенко Г.Ф., Лысенко Н.М., Манучаров А.А., Микоян С.А., Нечаев Ю.Н., Радченко М.И., Сивков Г.Ф. Практическая аэродинамика маневренных самолётов // П69 Учебник для лётного состава. Под общ. Ред. Н. М. Лысенко. М., Воениздат. 1977.

2. Ефимов В.В., Ефимова М.Г., Чернигин К.О. Конструкция и прочность самолёта. Крыло // Учебное пособие. Москва, ИД Академии Жуковского. 2018.

3. Житомирский Г.И. Конструкция самолётов — 2-е издание, переработанное и дополненное. Москва. 1995.

4. Ефимов В.В. Основы авиации — Часть 1 — Основы аэродинамики и динамики полёта летательных аппаратов. Москва. 2003.

Моделирование контура управления для радиосистемы самонаведения управляемого объекта

Шкарупина В.В.

Научный руководитель — к.т.н. Быков А.В.

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

Наиболее эффективным способом противодействия авиационным комплексам противника является уничтожение его авиации на подступах к охраняемым объектам. Средства поражения авиации, расположенные на истребителях — перехватчиках, обладают наибольшей универсальностью, мобильностью и оперативностью применения.

Особый интерес представляют ракеты «воздух-воздух» большой дальности, предназначенные для уничтожения самолетов и вертолетов, а также беспилотных летательных аппаратов и крылатых ракет.

Применение данного класса ракет возможно круглосуточно, в любых метеоусловиях, при наличии фоновых и активных радиолокационных помех противника, на фоне земной и водной поверхностей при активном информационном, огневом и маневренном противодействии противника.

Ракеты «воздух-воздух» большой дальности обладают высокой эффективностью и позволяют вести перехват целей на дальних подступах к обороняемым объектам.

В состав ракеты входит активная головка самонаведения — радиоэлектронное устройство, предназначенное для наведения её на цель. Активные радиолокационные головки самонаведения (АРГС) осуществляют обнаружение цели и определение её относительных координат, используя радиолокационный сигнал, отраженный от цели. АРГС формирует и выдаёт в систему управления ракетой информацию об угловом положении цели в антенной системе координат или угловой скорости линии визирования.

Целью данной работы является составление математической модели контура управления для радиосистемы самонаведения управляемого объекта, а также исследование свойств данного контура в среде MATLAB+ SIMULINK.

Модели непрерывного образования в сфере IT

Бершев Э.Р.

Научный руководитель — Окунева Т.Д.

Филиал «Взлёт» МАИ, Ахтубинск

В России каждый имеет право на образование, это закреплено в Конституции РФ. В нашей стране образование делится на общее, профессиональное и дополнительное, что позволяет реализовать право на непрерывное образование [1]. Общее и профессиональное образование (высшее или среднее) по закону можно получить бесплатно при наличии бюджетных мест. Эти две формы по Международной стандартной классификации Юнеско еще называют формальным образованием. А дополнительное в виде курсов повышения квалификации, мастер-классов, тренингов — неформальным [2]. Дополнительное образование включает дополнительное образование детей и взрослых и дополнительное профессиональное образование [1]. При выборе уровня и направления образования современные школьники и взрослые задаются вопросами: что лучше высшее или среднее образование? Какой уровень и направление стоит выбрать? И чем полезно дополнительное образование?

Основными факторами выбора служат:

1. Выбор специальности (профессии) основывается как на предпочтениях, способностях человека и на ее востребованности. Например, самыми популярными при выборе дополнительного образования являются экономика и финансы (18%), психология (17%), IT и программирование (17%), менеджмент и продажи (16%) [2];
2. Заработная плата специалиста (по данным открытых источников) составляет, например, в сфере финансов и экономики — от 150 до 200 тыс. руб., в сфере психологии — от 100 до 120 тыс. руб., в сфере IT — от 130 до 140 тыс. руб.;
3. Тенденции устойчивости рынка труда — профессия должна долгое время оставаться востребованной.

В настоящее время на пике популярности по выбору направления подготовки и переподготовки находится сфера IT, которая активно развивается во всем мире. В тоже время в данной отрасли по данным статистики наблюдается дефицит кадров, который по прогнозам правительства России может быть преодолен к 2030 году. Этому способствует национальный проект «Цифровая экономика», идея которого заключается в создании преемственности в получении IT-квалификации: сначала программированию учатся в школе или колледже, а в дальнейшем поступают на цифровые кафедры, которые предлагают получить дополнительную IT-квалификацию совместно с основным образованием [3].

Первые шаги в сфере IT современные дети начинают уже в начальной школе, а более осознанный выбор они предпринимают в 8-9 классе — продолжить обучение в школе или в среднем профессиональном учебном заведении. Продолжив обучение в школе в течение 2х лет, школьник может развиваться, получая дополнительное образование в сфере IT, на бюджетной основе участвуя в федеральных проектах или обучаясь на платных курсах.

Студенты СПО, за 4 года обучения в среднем за счет средств федерального бюджета или на платной основе получают профессию в сфере IT и могут начать профессиональную карьеру, или продолжить обучение в вузе, что делают лишь 7,5%. В сферу IT можно прийти и изменив выбранное направление образования путем профессиональной переподготовки на платной основе или воспользовавшись национальными проектами.

Таким образом, осознанный выбор модели, уровня и направления обучения, на который влияют факторы — востребованность профессии, уровень оплаты труда, требования рынка труда, стоимость обучения, характер непрерывности обучения и другие, современные школьники делают после 9 класса. В настоящее время у тех, кто выбирает IT-сферу открываются многовариантные пути реализации получения необходимых компетенций и практических навыков в данной сфере для достижения высоких результатов и имеется возможность каждому выбрать свою модель непрерывного образования.

Список используемых источников:

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 N 273-ФЗ \ КонсультантПлюс — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/

2. Болдова К. Зачем взрослые россияне получают дополнительное образование [Электронный ресурс] // Журнал Тиньков: [сайт]. [2023] — URL: <https://journal.tinkoff.ru/education-stat/>

3. Окунева Т.Д., Окунева Е.С., Илова А.А. Обучение школьников и студентов СПО современным языкам программирования — основа преемственности получения ИТ-квалификации // Новые информационные технологии в образовании: Сборник научных трудов 24-й международной научно-практической конференции «Новые информационные технологии в образовании» /Под общ. ред. проф. Д.В. Чистова. Часть 1. — М.: ООО «ІС-Паблішинг», 2024. 364 с.: ил. С. 342–344

Секция №6.2 Интеллектуальные системы и авиационное вооружение

Построение кратчайших маршрутов для группы мобильных объектов с требованием одновременного выхода в конечные точки

Тишков С.В.

Научный руководитель — профессор, д.т.н. Евдокименков В.Н.
МАИ, Москва

Рассматривается группа мобильных объектов, расположенная в начальный момент времени в заданной прямоугольной области. Стартовые координаты объектов и их курсовые углы предполагаются заданными. Данная область является подобластью другой прямоугольной, на границе которого расположены конечные точки маршрута. Геометрические центры прямоугольных областей совпадают. Требуется построить семейство маршрутов так, чтобы все мобильные объекты достигли конечных точек одновременно. Все мобильные объекты движутся с одинаковой постоянной скоростью.

Задача построения кратчайших маршрутов является важной с теоретической и практической точек зрения.

Выбор метода решения зависит от ограничений, накладываемых на движение объектов.

Если ограничения выражены тем, что перемещение может осуществляться по заданной сети дорог, то задача решается с помощью теории графов.

В данном случае сеть отсутствует, т.к. начальную и конечную точки маршрута любого мобильного объекта из заданной совокупности можно соединить прямой. Но тогда длины всех маршрутов будут в общем случае различны. Чтобы добиться прибытия мобильных объектов в заданные точки одновременно траектория движения должна представлять собой не прямую. В первом приближении будем считать её ломанной, на которую накладываются следующие ограничения:

- Расстояние и курсовой угол в направлении которого откладывается начальный участок ломанной заданы посредством начальных условий.

- Углы, образованные ломанными при построении маршрутов не должны быть меньше чем 90 градусов.

Отметим, что в теории управления известна задача Дубинса [1], решение которой позволяет построить маршрут кратчайшей длины, переводящий объект из заданного начального состояния со значением курсового угла в заданное конечное состояние. В данной работе рассматривается построение каркаса маршрута посредством построения ломанной.

Решение задачи осуществляется в два этапа.

На первом этапе определяются длины ломаных, соединяющих начальные и конечные координаты для каждого объекта из заданной совокупности. Ломанная максимальной длины в дальнейшем не подлежит изменениям.

Для всех остальных маршрутов рассчитывается разница между его длинной и длинной максимального маршрута.

Маршруты должны быть удлинены на полученные невязки расстояния, что приведет к одновременному прибытию всех мобильных объектов.

Список используемых источников:

1. Хабаров, С. П. Геометрический подход к решению задачи для машин Дубинса при формировании программных траекторий движения / С. П. Хабаров, М. Л. Шилкина // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. — 2021. — Т. 21, № 5. — С. 653–663. — DOI 10.17586/2226-1494-2021-21-5-653-663.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

A

Abdulwali Badr 810
Ahmed Imaad 807
Ali M.I. 807

B

Banga Yashvi 808

C

Chettri Aditya 809

D

Danielyan Arusyak 809
Dinh Tan Hung 816

E

Emara M.M. 810

H

Hoang T.D. 818

J

Joshita Sharma 807

K

Kuran Mutahhar 811

L

Ladino Valdes Brian Steven 812

P

Puzyretsky E.A. 812

R

Roy Subhrangshu 813

S

Shabalin L.P. 812
Sharma Joshita 814

T

Tuiba Ashraf 814

Y

Yahya R.A. 809

Z

Zhang Qiongyu 815
Zotikova P.V. 815
Zrelov V.A. 807

A

Абашев В.М. 103
Абдаллах Х.Х. 160
Абдикадыров Д.Н. 820
Абдюханов И.М. 331
Аболенцев А.С. 366, 367
Абрамкин Я.И. 854
Абрашина С.Х. 552
Абышева Е.А. 725
Аветисян В.Г. 348
Агапов В.В. 228
Агапов И.Г. 594
Агапова А.А. 726
Агишева А.С. 820
Акжанова А.Е. 822, 844
Ажигит Ж.Б. 835
Акилин В.И. 48, 137, 154, 159, 215, 217, 455

Акимов А.А. 340
Акимова Д.А. 869
Акулов М.А. 530
Алавердян А.А. 756
Алалыкин А.С. 462
Александрина А.О. 701
Александров Г.В. 512
Александров М.Н. 666
Александрова В.И. 57
Александрова С.С. 182
Алексеев А.В. 503
Алексеев А.О. 315

Алексейчук А.С. 187, 202, 303

Алексенцев А.А. 80
Алешин А.А. 702
Алибаев А.Ф. 484, 495

Алиев М.М. 697
Алиева А.М. 822
Алсаева О.С. 553, 571

Алтухов Е.С. 424
Альмухаметов Р.Д. 823
Альмухаметова Э.Р. 849
Амбарцумова Н.Н. 228

Андреев П.И. 229
Андреев Р.А. 147, 380
Андреева М.А. 614
Андреева М.И. 513
Андреева Э.Э. 637
Андреянов Н.С. 286
Аникин Г.С. 340
Анисимов А.И. 381
Анисимова А.А. 715
Анисова Е.Н. 740
Антимонов К.Д. 414
Антимонова М.А. 414

Антонов В.А. 230
Антонова А.В. 555
Антюхов И.В. 70, 92
Арсентьева А.И. 727
Арсеньева Н.В. 624, 632

Артёмова М.А. 729
Архипов П.Ю. 662
Архицкая К.А. 113
Асанов Д.И. 580
Асатрян Д.Г. 51, 152, 463

Асланов В.С. 508
Астапов А.Н. 596, 608
Астафьев Д.О. 757
Астафьев Е.А. 106, 131

- Астахов К.А. 231
 Асташев М.Г. 316
 Атякшева О.Ю. 678
 Аунг К.М. 126
 Афанасьев В.А. 113,
 114, 118, 122, 124
 Афанасьева Е.А.
 135
 Ахметшин Д.Ф. 676
Б
 Бабаевский П.Г. 606
 Бабин С.В. 26
 Бабич Б.П. 793
 Бабыкин А.Н. 615
 Багаева К.И. 677
 Бадаев П.А. 341,
 356
 Баданина Н.Д. 161
 Бажан Д.И. 497
 Бажанов Д.А. 535
 Базаров В.В. 703
 Баимова И.И. 536
 Баклаушев Е.Р. 855
 Бактыбайкызы Айдан
 а 824
 Балабанова В.А.
 454
 Балакирев Н.Е. 233,
 255, 281, 283, 297,
 299, 306, 310
 Балаян С.Т. 462
 Балык В.М. 395, 421
 Барабанов В.С. 208
 Баранова С.В. 678
 Баринаева Е.Г. 850
 Бармин О.О. 616
 Барсегян Л.Б. 679
 Барыбина Е.И. 731
 Басова А.Н. 233
 Батанов М.С. 116,
 121
 Батищев В.Ю. 342
 Батраков А.С. 52,
 538
 Бачурин Д.Ю. 233
 Башаров Е.А. 18
 Бежан А.А. 681
 Безклубая С.А. 625,
 631, 643, 719
 Беленьков К.Е. 825
 Беличенко М.В. 498,
 506
 Белобородов Е.О.
 451
 Белова О.С. 617
 Белоногов В.Д. 150
 Беляев В.А. 162
 Беляев И.В. 113
 Беляев С.И. 234
 Беляева Е.С. 590
 Беляева О.В. 758
 Беляева С.В. 759
 Беляева Ю.А. 246,
 466
 Беляков В.А. 74
 Беляков Н.В. 484
 Беляков С.А. 316
 Береговой В.Г. 416,
 419
 Бермагамбетов А.Б.
 53, 154
 Бернацкий М.С. 732
 Бершев Э.Р. 874
 Бесенков Н.А. 401
 Бессемянников В.В.
 555, 570
 Бессуднова А.А. 679
 Бесчвертная Е.М.
 163
 Бехлер И.А. 136
 Бечаснов П.М. 382,
 474
 Биндиман А.П. 58,
 102
 Биушкин И.А. 857
 Блинов Е.В. 575
 Бобкова Д.Р. 497
 Бобринёв М.М. 209
 Бобыкин В.В. 485,
 489
 Богатова А.А. 236
 Богдановский Г.В.
 733
 Бодров Н.М. 619
 Бойченко В.В. 514
 Бокарев С.М. 459
 Болонкин С.А. 13
 Большаков А.А. 400
 Бондаренко А.А. 343
 Бондаренко В.Д. 237
 Бондаренко Н.С. 102
 Борзунов И.Г. 366
 Борисов А.Ю. 209
 Борисов Д.А. 209
 Борисов Н.Д. 515
 Борисова Е.В. 270,
 670, 674
 Борисова Е.Р. 237
 Боровик И.Н. 60, 98,
 102, 107
 Боровиков Д.А. 120
 Бортаковский А.С.
 476, 482
 Борщенко Д.А. 238
 Боцкалев Н.А. 344
 Бояренко Э.С. 345
 Бражкин А.В. 113
 Брилева Е.Г. 293
 Бруханский А.В. 342,
 347
 Бубнов В.В. 770,
 786, 791
 Бурдинский В.Д. 704
 Бурковецкий К.А. 33,
 143
 Бусурин В.И. 316
 Бутарева В.А. 706
 Бутко А.О. 237, 242,
 244, 267, 276, 288
 Буторин В.В. 459
 Бухаров С.В. 591,
 604
 Бушуев Н.И. 667
 Буянов С.В. 218
 Быков А.В. 873
В
 Важенин Н.А. 360
 Валеева А.Р. 514,
 585
 Валиуллин Т.А. 580
 Валтерос
 Рубио Мария
 Паула 382
 Варламов С.А. 486
 Варыгин Р.А. 239,
 648, 662
 Васильев О.В. 345
 Васильев Ф.В. 208,
 211
 Васильева А.С. 581
 Васильева С.В. 682
 Васин Ю.А. 441
 Васнева С.А. 383
 Ведяшкин В.С. 42
 Веловатый К.Е. 240
 Вербицкая О.А. 824,
 846

Веремеенко К.К. 153
 Веретенников С.В. 76, 88
 Верещиков Д.В. 11
 Версин А.А. 114
 Викулин М.А. 229
 Вилонов А.С. 516
 Вильданова С.А. 761
 Виноградов И.В. 241
 Виноградов М.М. 59
 Витюк Д.А. 242
 Вишня И.С. 115
 Владимирова А.А. 209
 Власов М.А. 162
 Власова С.В. 736, 739, 745, 752
 Войтухов М.Р. 367, 371, 372
 Волгин В.М. 593
 Волков А.А. 39
 Волков М.А. 215
 Волкова А.О. 163
 Волкова К.С. 858
 Воловова Е.М. 762
 Волонин М.С. 316
 Волотов Д.А. 729
 Волошина Н.В. 167
 Волченков А.Д. 225
 Волченкова С.И. 428
 Волчков С.А. 683
 Волчкова А.С. 233
 Вольменский Г.Я. 368
 Воробьев Д.С. 574
 Воробьева Г.Е. 317
 Воробьева Е.С. 734
 Ворона А.Т. 826
 Воронин А.А. 60
 Воронка Т.В. 6
 Воронцов А.М. 442, 621
 Воронцов В.А. 388, 406, 423, 424
 Воронцова Ю.В. 678
 Воронько А.О. 350, 487
 Ворсунова А.С. 732
 Вуксанович С.М. 468
Г
 Габов С.А. 622

Гавва Л.М. 25
 Гавриленко В.В. 137, 155, 223
 Гаврилов К.Ю. 346, 354, 355, 363
 Гаврилов М.С. 164
 Гаврин И.В. 582
 Гаджиев М.Р. 516
 Гаджиев Э.В. 361
 Гайворонская А.А. 736
 Гайдаров Т.А. 827
 Галата А.В. 827
 Гализдра С.С. 243
 Галиновский А.Л. 517, 601
 Галкин В.А. 521, 576
 Галкина Е.Е. 435
 Гаматин И.С. 165
 Ганицев А.Ю. 353
 Ганичкин Р.А. 449
 Гарбузова У.Р. 166
 Гарипова Л.И. 536, 650
 Гарно П.Р. 384
 Гасанов Т.Р. 346
 Гатауллина Е.Д. 61, 74
 Гвоздева О.Н. 557
 Гвоздкова К.В. 428, 436, 440
 Геллер В.В. 739
 Герасименко А.А. 34
 Герасимова К.В. 473
 Гизетдинов М.Ф. 167
 Гильд А.В. 794
 Гимаева Н.Р. 62
 Гинзбург И.Б. 312
 Глинкин Г.В. 622
 Глуценко А.С. 318
 Глуценков В.А. 552
 Глянцев Д.Я. 244
 Говоров И.С. 537
 Гогаев Г.П. 100
 Голенок А.В. 64
 Голованских О.И. 422
 Головкин А.А. 517
 Головня Е.А. 706
 Голубкин К.С. 488
 Голунова Е.М. 245
 Гончар А.Г. 71
 Гончаров Д.А. 429

Гончаров И.С. 246
 Гончаров Т.М. 485, 489
 Гончарова Е.К. 138
 Горбаткина Ю.А. 581
 Горбачева Н.В. 720
 Горбунов И.Н. 624
 Гордеев С.В. 78
 Гордеева М.И. 286, 565, 653
 Гордиец Е.А. 246
 Гореликов К.А. 39
 Городилова Н.А. 583
 Горожеев М.Ю. 53, 141, 155, 204, 219
 Горшкова А.П. 182
 Горюнов В.А. 585
 Горяинов В.Б. 471
 Горячкин Е.С. 61
 Грабак Л.О. 683
 Грачев А.Д. 346
 Гребенева Т.А. 607, 611
 Гребенков Д.И. 460
 Грибов Г.В. 763
 Гривизирский П.А. 116
 Григорьев В.Д. 246
 Григорьев Н.С. 169
 Гриненко А.С. 386, 391
 Гринько Д.В. 369, 370, 373
 Гритчин Д.М. 64, 84, 89
 Гришаева С.А. 671
 Гришин Д.А. 828
 Гришина А.Ю. 7
 Гришина Л.А. 20, 35
 Громаков А.А. 431
 Громова А.С. 489
 Груздев И.Н. 65
 Грузинцева У.А. 66, 69, 77
 Губанова Т.А. 67
 Гудков Д.А. 452
 Гудков И.С. 498
 Гуляев В.В. 756, 757, 766, 771
 Гуреев П.М. 699
 Гуреева А.А. 707
 Гуреева П.Е. 625

- Гусев А.Г. 248
 Гусев Е.В. 403, 404
 Гусева А.Д. 567
 Гусева С.Р. 468
 Гусилетов А.А. 43, 431
 Гутарова В.С. 257, 709
Д
 Давиденко Е.В. 626
 Давыдов А.А. 68, 83, 192
 Даниярулы Ислам 829
 Дебердеев Д.Д. 66, 69, 77
 Девяткина Д.И. 859
 Десярев С.В. 592
 Дедус Ф.Ф. 685
 Демина Т.С. 613
 Демкин Д.М. 627
 Демус М.А. 502
 Денисенко В.М. 387
 Денисов А.М. 681, 690, 694
 Денисов В.А. 248
 Дергунова Е.А. 331, 338
 Дешевых В.Д. 765
 Джарасов Н.О. 830
 Джигирис В.В. 170, 319, 324
 Диас А.В. 586
 Димитрова С.М. 684
 Дителева А.О. 368, 369
 Дихтиевская К.К. 327
 Дмитриев В.С. 107
 Дмитриев И.А. 830
 Дмитриева П.А. 745
 Доброзий А.В. 831
 Дозорова А.А. 70, 92
 Долгушин Я.В. 557
 Должанская К.А. 832
 Доморощенин А.С. 249
 Донецкий К.И. 583
 Донской И.О. 833
 Дорофеев С.В. 499
 Дорохов А.А. 587
 Досболов Р.Д. 834
 Доткин Г.А. 117
 Дронов А.А. 827, 832
 Дубовский А.А. 358
 Дубравин Н.А. 628
 Дубровин Д.М. 249
 Дубровин И.Г. 424
 Дубровская М.А. 588
 Дудко В.В. 280
 Дузенов Н.Н. 835
 Дунков Д.О. 88
 Дьяконов Г.А. 78
Е
 Евдокименков В.Н. 453, 876
 Егзов Д.В. 171
 Егоркина А.Е. 239, 266, 662
 Егоров В.В. 138, 145, 311, 340
 Егоров И.А. 45
 Егорова М.С. 392
 Егорова Ю.Б. 576
 Ежов А.Д. 84, 85, 89, 96
 Ежов И.В. 347
 Екимовская А.А. 629
 Елизаров А.В. 53
 Елисейкин Е.И. 548
 Елпатов А.С. 139
 Ельцова А.А. 557
 Ем И.О. 829
 Емельянов К.В. 589
 Емельянов М.А. 519
 Ермаков Д.П. 452
 Ермаков П.Г. 453
 Ермакова М.О. 129
 Ермилов Я.В. 631
 Ермолаев Д.С. 631
 Ермолаева Е.Н. 702
 Ермолов И.Л. 457
 Ерошин П.А. 172
 Есипов А.А. 250
 Есмамбетов М.К. 843
 Ефимова А.А. 43
 Ефремов А.В. 7, 8, 9, 12
 Ефремов А.С. 454
 Ефремова Е.В. 590
Ж
 Жарков Д.А. 388
 Живоченков В.В. 389
 Жигалов О.С. 118
 Жильцова Е.Н. 140
 Жиркова А.Е. 399, 411
 Жуков А.А. 209, 449
 Жуков Е.Ю. 519
 Жуков Я.А. 151
 Жумабаев У.К. 520
 Жуматаева Ж.Е. 830, 839, 843, 853
 Журавлев В.Ю. 390
 Журавлев И.М. 317
 Журавлев М.Ю. 390
 Журбенко А.С. 570
 Журбенко Н.Л. 725, 737
З
 Забабурин В.И. 254
 Забара И.Д. 500
 Забгаев Т.А. 251
 Забенько Е.В. 110
 Забиров А.Р. 67
 Заварзин Б.К. 859
 Завьялова Е.А. 253
 Завьялова М.И. 71
 Загородников С.А. 72
 Загоруйко С.Н. 825, 839
 Заиров А.В. 558, 572
 Зайцев А.В. 502
 Зайцев Н.Д. 386, 391
 Зайченко А.А. 726
 Зарубин Д.С. 416
 Захаров А.А. 29
 Захаров Я.О. 254
 Захарова А.Д. 254
 Захарова А.И. 173
 Захарова А.Н. 743
 Захарова Л.Ф. 617, 619, 622, 656
 Захарченко Д.Д. 255
 Зацепилина А.В. 727
 Заятуев Ж.Ц. 432
 Зверев Н.А. 74
 Зверева К.В. 567
 Землянская Н.Б. 614, 647
 Земсков П.А. 370
 Зиновьев А.В. 605

Зинченко А.В. 14
 Зорин М.Д. 117
 Зотикова П.В. 73
 Зотин Н.А. 123
 Зубанов В.М. 74
 Зубко А.И. 129
 Зубко В.А. 157
 Зубков Д.А. 174
 Зубрилин И.А. 94, 98
И

Ибрагимов Д.Н. 468,
 473, 475, 477
 Иваненко И.Ю. 15
 Иванов Б.А. 469
 Иванов И.А. 44, 55
 Иванов М.А. 723
 Иванов Н.С. 330
 Иванов Ф.М. 401
 Иванова А.В. 433
 Иванова В.В. 684
 Иванова Д.Ю. 256
 Иванова П.А. 766
 Иванова У.И. 45
 Иванцова Д.А. 767
 Иванченко Д.В. 257
 Ивашко Г.В. 685
 Иващенко В.В. 158
 Ивенин И.Б. 465
 Ивинский И.А. 257
 Игнатов А.И. 501
 Идрис М.Х. 525
 Илова А.А. 859
 Ильенко Д.Ю. 636
 Ильин Д.Ю. 254,
 256, 273
 Ильин И.М. 74
 Ильина В.Н. 781
 Ильинская О.И. 126
 Ильиных А.В. 495
 Ильичёва П.И. 17,
 18
 Ильченко А.В. 172
 Илюхина С.С. 156
 Инюшева М.С. 727,
 747
 Ирбитский И.С. 253
 Исаев В.Ф. 8
 Исаева С.Ю. 615,
 622
 Исмаилов Диас 845

К

Кабаков В.В. 151
 Кабанов А.С. 442
 Кабанов Д.Д. 175
 Казакова Н.В. 651
 Казанцев Ф.П. 328
 Казначевский В.С.
 177, 194
 Каксис А.Ю. 591
 Калачев О.Н. 29
 Калинин С.А. 664
 Калиш П.Э. 593
 Калошина М.Н. 631
 Кальбах М.А. 538
 Каменский И.В. 358
 Камруков А.С. 432
 Камысбаева С.М.
 836
 Кананадзе С.С. 144
 Канев С.В. 81
 Канунников Е.И.
 141, 204, 219
 Каратаева Е.С. 162,
 237
 Каргаев М.В. 22
 Карева А.В. 119
 Карепин П.А. 119
 Карманов С.А. 457
 Карпенко О.Н. 14
 Карпов В.В. 462
 Карлукхин Е.О. 175,
 185, 200
 Карлухина А.В. 258,
 272
 Карпук Д.А. 710
 Карташов Д.М. 259
 Карцев А.И. 327
 Карягин И.А. 397
 Касюкова Э.Р. 769
 Катанов М.А. 107,
 108
 Качалин А.М. 47,
 451, 461
 Качалин В.С. 260
 Качанов Д.К. 632
 Кашин Д.Д. 461
 Кашеев И.С. 65, 115,
 120, 131
 Кейно П.П. 228, 231,
 248, 249, 251, 254,
 272, 277, 291, 293,
 294, 296, 302

Кербер Л.С. 687
 Кибанова А.А. 74
 Кильмишкин Н.В.
 261
 Кильчуков Т.А. 165,
 177, 199
 Ким И.Р. 831
 Киракосян Л.А. 152,
 348, 463
 Кирлашева А.А. 141
 Кирсанов И.И. 521
 Киселев Д.А. 43
 Киселёв Л.Е. 580
 Кистанова П.С. 677
 Клементьев А.А. 491
 Клецова А.Д. 392
 Климакова Е.А. 737
 Климакова С.А. 737
 Клименков А.Д. 559,
 569, 573
 Ключев Г.В. 739
 Ключев И.С. 552
 Кнутова Н.С. 434
 Князев А.В. 350
 Князев И.А. 371
 Кобец П.И. 633
 Ковалева Н.Н. 68,
 83
 Ковалевич М.В. 540
 Коваленко Н.А. 246
 Ковальчук Ю.А. 802,
 803
 Ковешников А.А. 393
 Ковкин И.В. 170,
 319, 324
 Ковтун М.А. 435
 Ковязина Д.Н. 259
 Коган Е.А. 707, 711
 Кожевников Г.Д. 111
 Кожевников Д.А. 455
 Кожемяко А.С. 85
 Кожурова Е.А. 539
 Козедра П.А. 389
 Козичев К.О. 269
 Козлов Д.А. 108
 Козлов Д.О. 262
 Козлов Н.А. 589, 592
 Козлова Т.С. 30, 376
 Козловцев С.А. 796
 Козулин Н.Д. 263
 Козырева У.Р. 665
 Колганов С.В. 706,
 720

- Колесников Р.Е. 18
 Колесова А.А. 76
 Коллеров М.Ю. 553,
 562, 571, 577
 Колмаков А.Г. 545
 Колодяжная И.Н.
 836
 Коломиец Е.С. 501
 Коломыцев К.А. 560
 Комарова Н.В. 649
 Кометов И.Д. 33
 Кондратьева С.Г.
 341, 346, 356, 487
 Кондрючий И.В. 860
 Конкина А.С. 562
 Коновалов К.А. 246,
 287, 295
 Коновалов К.С. 797
 Коновалова В.Г. 677
 Коновалова В.С. 634
 Кононова Н.А. 226
 Константинов А.А.
 578
 Коняев М.О. 770
 Копиевский Н.Ю.
 265
 Копьев И.В. 142
 Корж С.Е. 540
 Корзун Ф.А. 8
 Кориненко К.В. 491
 Корнеев И.А. 552
 Корнюшина А.С. 666
 Коробков А.А. 220
 Коробков М.А. 208,
 211, 214, 222, 225
 Коробкова А.В. 711
 Коробов К.С. 542
 Коробовский А.В.
 383, 395
 Коровичев А.А. 266,
 648, 662
 Королев Д.Д. 110
 Королев П.С. 46,
 226, 480
 Королева А.А. 799
 Король Д.Г. 350
 Корсакова М.П. 687
 Коряк Ю.А. 434
 Косоруков И.Д. 522
 Костенко В.А. 381
 Костин П.С. 5
 Кострубин А.С. 115
 Костыгова Л.А. 616
 Костюк А.А. 46, 480
 Котович И.В. 85, 96
 Коуров Р.Н. 502
 Кофанов А.С. 351
 Кравцов А.Д. 592
 Краев В.М. 684
 Краснобаева Д.Ю.
 57
 Краснов Н.А. 66, 69,
 77
 Красняк С.А. 18
 Красоткин С.А. 178
 Кремзуков Ю.А. 170
 Кречетова М.В. 394
 Криворотова Е.В.
 267
 Кривун К.В. 100, 716
 Крит Б.Л. 557
 Круглянкин В.С. 211,
 456
 Крупенникова Д.Е.
 213
 Крухмалёва Л.Л.
 854, 860, 862, 868,
 871
 Кручинин А.А. 352
 Крылов А.А. 34
 Кувакин Д.М. 110
 Кудинова И.М. 743
 Кудрявцева Н.С. 431
 Кудряшова А.Ю. 243
 Кудряшова М.О. 542
 Кузнецов А.Г. 141
 Кузнецов А.М. 837
 Кузнецов Б.Ф. 329,
 333
 Кузнецов П.М. 234,
 275
 Кузнецов П.Р. 100
 Кузьмин А.Ю. 543
 Куковинец А.В. 39
 Кукса Д.В. 381
 Кулакова М.С. 593
 Кулелётова Н.Н.
 827, 851
 Кулик М.В. 214
 Куликов И.В. 457
 Куликов П.С. 179
 Куликов С.Н. 30
 Куликовский М.А.
 544
 Кунгурцев А.М. 395
 Куншина В.М. 470
 Куприков М.Ю. 36
 Купцова Д.Д. 480
 Кураев А.А. 740
 Кураков Р.А. 78
 Курбакова В.А. 712
 Кургузов А.В. 418
 Курицын Д.Н. 543
 Курушина И.А. 634
 Кустиков А.Д. 268
 Кутилин Г.М. 47
 Кучина А.П. 46
 Кучмий А.Д. 362
 Кушваха Х.Н. 758,
 767, 772, 775, 778,
 783, 785, 787
 Кушнир А.И. 744
Л
 Лавриненко С.А. 222
 Лавринов М.А. 237
 Лавров М.Н. 687,
 696
 Лаврова Л.А. 797
 Лаврова П.А. 219
 Лазарев А.М. 33,
 143
 Лазарева А.А. 103
 Ландер Л.Б. 226
 Лапышев А.А. 23,
 582
 Ларцов И.А. 594
 Ларькин А.В. 269
 Ласкин В.А. 78
 Ласточкина В.В. 654
 Лахнов А.А. 862
 Лашина Ю.С. 215
 Лебедев В.В. 629
 Лебедев К.В. 270
 Лебедева А.В. 771
 Левашкин-
 Леонов С.В. 312
 Левина Т.А. 662, 669
 Левихин А.А. 401
 Лельков К.С. 194
 Лемтюжникова Д.В.
 164, 178, 188, 196,
 460
 Леонов С.С. 479,
 509
 Леонтьева Ю.Б. 144
 Лепешинский И.А.
 73
 Лесневский Л.Н. 106

Лийн Е.А. 211, 270
 Лисицин А.А. 48
 Лисовский О.Р. 180
 Литвинов А.В. 689
 Литвинович Н.В. 395
 Лифановская О.В. 676, 689, 697
 Лихачёв И.В. 31
 Логинова Д.Д. 271
 Ломакина А.Д. 636
 Лопаткин Д.В. 304
 Лоренц А.Е. 31
 Луданова В.В. 772
 Лукашин А.С. 523
 Лукин В.Н. 180, 198
 Лукин Е.И. 559, 569, 573
 Лукошин И.В. 321
 Лукьянов П.А. 331
 Лукьянчиков И.Н. 48
 Лунев В.С. 637
 Лунена С.Ю. 274
 Лухманова Д.А. 638
 Луценко Е.А. 503
 Лушпа Е.Ю. 57, 414
 Лысенко И.Е. 317
 Лысенко С.В. 742
 Лысяк Я.О. 428, 436, 440
 Лычагина И.М. 322
 Лютенко М.Б. 372
 Ляхов П.А. 373
 Ляховецкий М.А. 110, 111
М
 Магомедов М.А. 258, 272
 Мазаев В.С. 774
 Майоров Д.И. 524
 Макагонов И.А. 595
 Макаров Г.Р. 471
 Макаров К.А. 49
 Макарян А.А. 353
 Максимов Н.А. 165, 177, 193, 199
 Максимов П.П. 596
 Максютин А.С. 181
 Малахо А.П. 537
 Малевич Н.А. 330
 Маликов С.Б. 220
 Малинин В.И. 117
 Малофеев О.И. 323

Малышев А.Д. 437, 443, 448
 Малышева Г.В. 595
 Мальцев Т.Г. 374
 Мальцева М.В. 331
 Мальченко А.А. 5
 Малужонок Я.Р. 396
 Малявина А.Ю. 332
 Мамедов Р.В. 33, 143
 Мамедова Наргила 837
 Мамонов А.М. 555, 567, 572
 Манин А.Н. 182
 Манузин И.И. 830
 Манченко А.О. 863
 Марголин М.В. 273
 Марин Я.О. 34
 Маркарян А.О. 245, 290, 301, 470
 Маркина А.Д. 762, 765, 769
 Мартенюк Н.Е. 452
 Мартиросян И.В. 332
 Мартыненко Е.Д. 733
 Мартыненко Е.В. 390
 Мартынов И.В. 121
 Марченко В.В. 50
 Марюшина З.Л. 397
 Масленникова Е.П. 122
 Масленникова Т.Ю. 183
 Масягин М.М. 471
 Матвеев А.М. 344, 364
 Матвеев В.В. 135, 136
 Матвеев И.А. 689
 Матуляк А.И. 596
 Матюшев Т.В. 428, 436, 437, 440, 443, 448
 Махмудов М.Г. 145
 Мачинский Г.С. 354
 Мачнева С.И. 775
 Медвецкова В.М. 557

Мезенцев Н.А. 328, 337
 Мезина Н.А. 634, 637, 638, 639, 652, 659, 660, 722
 Мелешенко П.М. 575
 Мелкова А.А. 714
 Мелконян В.Г. 51, 152
 Мельдианова А.В. 733
 Мельников Р.А. 777
 Мельников С.А. 61, 74
 Мельцаев С.В. 597
 Мелюков С.А. 146
 Мендибаев И.К. 839
 Менчиков А.Л. 274
 Меньшаков Н.С. 864
 Мергурьев И.А. 380
 Меркурьев И.В. 486
 Меснянкин С.Ю. 85
 Мессинева Е.М. 15
 Метечко Л.Б. 431, 438, 444, 457
 Мещеряков Н.Н. 639
 Мигдалова С.Д. 58
 Микуленко А.Д. 525, 527
 Миловидов А.В. 19
 Милто Е.В. 438
 Миненко В.Е. 390
 Миниахметов А.А. 574
 Миникаев А.А. 216
 Минина Д.М. 828
 Минко К.Б. 491
 Миронова А.О. 147
 Миронюк И.Ю. 492
 Мирошниченко П.В. 665
 Митрофанов О.В. 17, 18
 Митрофанова А.Р. 555
 Митькин М.А. 354
 Михайлов А.А. 332
 Михайлов Ю.Ю. 184
 Михайлова Д.Ю. 439
 Михайлова Е.О. 701, 717
 Михерева Д.А. 800
 Михонов В.В. 576

Мишанова В.Г. 682
 Мишунин А.С. 634
 Мкртчян Г.А. 667
 Могильная Т.Ю. 223
 Мозгалева М.А. 217
 Мозжухин Д.А. 148
 Мозжухин Д.Р. 185
 Моисеева С.М. 52
 Мокряков А.В. 241, 308
 Молебников Д.А. 110
 Молотов И.М. 79
 Молотова И.А. 66, 69, 77
 Молчанов А.М. 64, 93, 132
 Монахов М.Д. 355
 Монахова В.П. 127
 Моргунов Н.В. 504
 Моржухина А.В. 396, 405
 Морозов А.М. 356
 Морозов В.В. 27, 44, 55
 Морозова А.М. 231
 Москаленко Н.В. 170, 319, 324
 Москаленко С.С. 505
 Москвин Н.А. 275
 Москвитин Е.В. 777
 Москвичёва Н.В. 621, 636, 658
 Мохначева А.А. 473
 Мочалов Г.А. 398
 Мощенок Г.Б. 712, 721
 Мукамбетов Р.Я. 102
 Мукин Ю.Д. 187
 Мулин П.В. 149
 Муминов А.А. 123
 Муратаева Д.А. 78
 Муратова Е.В. 124
 Мурзасов И.О. 839
 Мурыгин А.В. 139
 Мухачев Б.О. 493
 Мухин М.П. 669
 Мушта Д.А. 778
 Мясников И.В. 276

Н
 Нагаева Е.А. 399, 411
 Нагибин С.Я. 160, 184, 195, 230, 282, 309
 Надейкина Л.А. 171
 Надер М.А. 30
 Назаров В.П. 551
 Назаров И.В. 598
 Назаров Н.Ф. 333
 Назин В.Д. 53, 154
 Насыров Д.Д. 667
 Наумов А.А. 525, 527
 Наурзалинов А.С. 519
 Неверов А.С. 64, 87
 Неверова Н.В. 796
 Незведова С.А. 710
 Нейперт Т.А. 540
 Некрасова П.Ю. 658
 Нелин И.В. 354, 358
 Немцева А.С. 428, 436, 440
 Ненарокомов А.В. 386, 391
 Ненахов Е.В. 188
 Неретин Е.С. 158, 469
 Нерсисян Д.Г. 462
 Нестеренко В.Г. 103
 Нестеров С.В. 866, 869
 Нестерова П.Д. 188
 Нечаев В.Н. 148
 Нечаев И.В. 609
 Нечипорук С.Ю. 484, 495
 Никитин А.А. 277
 Никитин В.А. 78
 Никитина Е.В. 512, 513, 520, 523
 Николаев Г.Ю. 563
 Николаев С.В. 865
 Николаева В.А. 715
 Никулин Я.В. 865
 Нитаева В.А. 506
 Ницберг Е.В. 731
 Ниязбаева А.Б. 840
 Новиков А.Ю. 228, 236, 259

Новиков Б.Б. 257
 Новикова Е.В. 602
 Новичков М.Д. 378
 Ногтев С.С. 149
 Носова В.Д. 639
 Носова Е.А. 542
 Нуждин В.М. 351
О
 Овсянников Г.Н. 560
 Овчарик А.Д. 690
 Овчаров И.В. 293
 Овчинников А.В. 521
 Овчинников М.Е. 150
 Овчинникова Е.В. 811
 Оганесян О.А. 463
 Огарков Г.Е. 494
 Огольцев Н.В. 380
 Огурцов М.М. 555
 Одинокоев С.А. 673
 Озерецковская Д.И. 748
 Озолин В.В. 580
 Окунева Е.С. 857, 870
 Окунева Т.Д. 855, 874
 Омаров А.Н. 866
 Опросичев А.А. 79
 Ораевский С.С. 599
 Орлова И.М. 188
 Остапчук М.А. 334
 Охитина А.С. 471
 Охрименко Н.И. 278
П
 Павличенко Л.С. 866
 Павлов В.В. 841
 Павлов В.С. 400
 Павлов Д.А. 484, 495
 Павлов Д.В. 464
 Павлов О.В. 206, 218, 219, 313, 456
 Павлов С.В. 357, 361
 Павлова А.В. 237
 Павлова А.С. 780
 Пазычев Д.Б. 380
 Палешкин А.В. 393

- Палтиевич А.Р. 519, 528, 533
Панасенков В.П. 425
Паневин А.Ю. 35
Панченко Е.В. 527
Паншин И.А. 867
Папич А. 601
Парафесь С.Г. 415
Парпулов М.А. 190
Пашков И.Н. 516, 519, 529
Пелевин В.С. 80
Пелих Е.А. 36
Пельтихина Т.Г. 734
Пенкин В.Т. 336
Первов В.М. 640
Перевезенцева К.О. 381
Пермяков П.Ю. 641
Песков В.А. 81
Петелин Д.А. 433
Петров И.А. 524
Петров П.А. 602
Петрова С.С. 742
Петровская К.В. 603
Петросян Л.А. 743
Печерская Е.А. 378
Пещерова А.А. 82, 703
Пинегин А.А. 278
Пинчукова И.А. 141, 219
Пискунова Н. 474
Пичужкин П.В. 399, 411
Плотников А.Л. 549
Подгорная В.М. 475
Подгузова М.А. 321
Подосенов С.С. 191
Подрезов Д.В. 279
Подшибнев В.А. 452
Пожога О.З. 566, 817
Поздышева М.А. 192
Позняк Д.Р. 401
Покидько А.М. 83
Покровский С.В. 332
Полесский С.Н. 667
Полетаев А.О. 64, 84, 96
Полицын С.А. 263, 289
Полицына Е.В. 268, 284
Половинкин И.Ю. 842
Полонцов С.М. 125
Полторацкий Е.И. 449
Полудницын С.Б. 20
Полухин А.А. 744
Полюбин А.И. 177
Пономарева В.С. 642
Понятов А.С. 441
Поперечный С.С. 126
Попов Д.В. 103
Попов М.А. 781
Попов С.А. 8
Попова П.А. 691
Попова С.Е. 714, 745
Попова Ю.А. 528
Попова Я.Д. 643
Потапов Е.П. 868
Потехина Н.В. 560
Поцелуйкин С.В. 280
Преображенский И.И. 335
Прибытков К.И. 193
Привознова Ю.К. 127
Пришляк А.Д. 194
Проданик В.А. 9
Прокопенко А.И. 670
Прокопенко Д.А. 565
Прокофьев С.А. 219, 222
Прокудина А.К. 219, 456
Пронин Д.В. 21
Пронина В.А. 692
Пронина П.Ф. 426
Пронкин А.А. 403
Пронькина И.В. 85
Протасов В.И. 169, 201
Прошин В.М. 127
Прошкова Е.М. 425
Прудников А.В. 182
Прудникова Е.А. 596
Прытков Р.В. 404
Птушкина Е.А. 747
Пузырецкий Е.А. 546
Пурыскина А.В. 442, 621
Путятин Л.М. 641
Пушкарёв М.Д. 800
Пушкарева М.Б. 793, 794, 799, 800
Пыринов А.Е. 716
Пьянов З.М. 802
Пятов Н.А. 177, 194
Пятыго М.И. 405
Р
Рабинский Л.Н. 574
Равикович Ю.А. 105
Рагулин И.А. 91
Радаев М.В. 281
Разговоров Н.А. 520
Раисов Р.Р. 843
Раменский В.Л. 204, 217
Распертова К.В. 282
Рассказова В.А. 478
Рахматулин М.В. 375
Ревизников Д.Л. 751
Редьков Е.А. 529
Резникова Л.В. 749
Рипецкий А.В. 542
Ровкина А.Э. 129
Рогачев В.Н. 358
Рогов Е.М. 545
Рогов Н.В. 24
Рогов С.И. 544
Родин В.Д. 84, 85, 89
Родин Ф.М. 240
Родионов В.С. 283
Родионова А.С. 604
Рожнов В.Ф. 429
Розанова Н.Н. 605
Розкош А.С. 717
Романенко А.В. 508
Романенков А.М. 179, 249, 257, 262
Романов А.П. 394
Ромашко Р.В. 86
Рощин А.Б. 190, 238
Рубанова А.И. 803
Рублева С.С. 671
Руденко Е.В. 358
Румянцев К. 566, 817
Румянцев Н.В. 464

- Румянцев П.А. 31
 Руссков Д.А. 336
 Рухлинский К.А. 644
 Рыбаков К.А. 464
 Рыбакова Л.В. 777, 781
 Рыбина А.С. 437, 443, 448
 Рыбников С.И. 140
 Рыжков В.В. 406
 Рыкунов А.Н. 284
 Рындина С.А. 765
 Рысбаева А.С. 645
 Рябиков А.Ю. 286
 Рябов А.А. 563, 566
 Рябцева М.В. 224
 Рязанцев А.Ю. 522
 Рямова С.А. 151
 С
- Саакян В.Р. 51, 152, 463
 Сабитов Р.А. 103
 Сабурова С.П. 476
 Саваровский А.А. 407, 422
 Савельев С.К. 394
 Савина В.С. 509
 Савина Д.Б. 22
 Савинов Д.В. 491, 546
 Савкин А.В. 374
 Савосина А.А. 286
 Савушкина С.В. 107, 108
 Савченко Д.А. 647
 Сагалович С.А. 10
 Сазонова А.Э. 783
 Сазонтов И.Ю. 464
 Сaitова Л.И. 57
 Сайгина Д.В. 693
 Сайдалиева Д.Р. 239, 266, 648
 Сайкин М.С. 325
 Сайлау А.Е. 844
 Салиенко А.Н. 606
 Салиенко Н.В. 586
 Салимгареева В.Р. 438, 444
 Салимжанов Б.М. 153
 Салихова А.Ф. 649
- Салтыков В.А. 407, 422
 Самойлова К.И. 269
 Самокаев В.С. 409
 Самосудова Е.И. 23
 Самыловский И.А. 484
 Санталова Я.А. 410
 Сапкалов В.А. 845
 Сапрыкин Б.Ю. 515
 Сапунов Д.М. 804
 Саразов Р.С. 220
 Саушкин Б.П. 547
 Сафиуллин И.И. 650
 Сафронова К.П. 445, 448
 Свиридов Д.В. 476
 Свяжин А.В. 834
 Сгибнева Е.А. 832
 Сдобнов А.Г. 307
 Севостьянов В.С. 87
 Севостьянов Д.С. 87
 Седов А.А. 337
 Селиверстов С.Д. 110
 Селуянова М.В. 399, 411
 Семакин Д.В. 287
 Семенов Г.Е. 286, 313
 Семенова Е.А. 79, 271
 Семин А.С. 288
 Семина А.П. 693
 Сёмкин Д.М. 412
 Сергеев А.С. 289
 Серебрянский С.А. 10, 19, 37, 38
 Сержанов А.Ж. 846
 Серикбаева Ж.К. 842
 Серков В.В. 105
 Серов Б.С. 88
 Серов П.Г. 509
 Серова К.А. 53, 154
 Серпичева Е.В. 596
 Сидорова Е.И. 98
 Сизов А.А. 820, 826, 845
 Сизова А.Г. 833, 847
 Силуянова М.В. 72, 90
 Симкина А.В. 477
- Симонов В.Л. 142, 163
 Симонов-Емельянов И.Д. 605
 Синдеев Е.С. 591
 Синегаяева В.Е. 567
 Сироткина М.А. 748
 Скворцова С.В. 555, 558, 563
 Скиданов С.Н. 21
 Склавос Ш.Э. 847
 Скуридин А.А. 478
 Сладкова Е.А. 414
 Слободчиков В.Ю. 446
 Слюсарь И.А. 547
 Смехов Г.М. 290
 Смеян С.А. 547
 Смирнов А.А. 559, 563, 569
 Смирнов Д.С. 88
 Смирнов К.К. 209
 Смирнов М.А. 291
 Смирнов П.А. 566, 570, 573
 Смирнова Е.А. 673
 Смольянинов Н.А. 719
 Смольянинова М.А. 720
 Смутин Е.С. 11
 Смыков А.Ф. 516
 Снегирёв А.О. 571
 Снегирев В.С. 848
 Соболева Т.Ю. 338
 Соколовский Д.С. 785
 Соколовский А.М. 239, 266, 648, 662
 Солдаткин М.Ю. 752
 Солдатов П.А. 530
 Солобоева Н.В. 749
 Соловьев Д.Е. 129
 Соловьев И.Г. 398
 Соловьев И.И. 329
 Соляев Ю.О. 481, 488
 Сорокин И.Н. 195
 Сорокина Е.Е. 869
 Сорокина П.О. 479
 Спандияр Н.М. 849
 Спендер П.В. 325

Старкова Э.А. 480
 Староверов О.А. 588
 Старченко А.С. 531
 Старчиков А.С. 257, 721
 Старчикова И.Ю. 709, 744
 Степаненко В.В. 415
 Степанов А.С. 219, 222
 Степанов В.В. 532
 Степанов Г.С. 143
 Страхов Р.Д. 292
 Стрекалова П.О. 694
 Стрелец Д.Ю. 40
 Строгонова Л.Б. 445, 448
 Стрыгин Д.Д. 196
 Стулова Л.П. 416
 Суворов А.С. 137, 155, 223
 Суворова М.С. 137, 155, 223
 Судаков В.А. 476
 Судилина Е.В. 748
 Суздальцев И.В. 213, 216
 Сумеркин М.Ю. 651
 Сурве С.С. 818
 Сурков А.А. 359
 Суслов К.С. 497
 Суханова Д.М. 293
 Сухарев И.А. 24
 Сухов Е.А. 499
 Сысоев М.А. 147
 Сысоев С.А. 294
 Сыч Е.И. 590
Т
 Табалов Н.С. 295
 Талалаева П.И. 85, 89
 Тамахин А.А. 115
 Тамбовцева Е.А. 481
 Танатарова А.К. 849
 Танюшкин М.В. 199
 Тараканова Я.Д. 689
 Тараненко А.В. 759, 761, 763, 774, 780, 789

Тарасенко А.Н. 90
 Тарасова Н.В. 644
 Тевс М.Д. 558, 572
 Тегаев А.Р. 296
 Тележкина К.И. 548
 Темченко В.С. 350
 Терешко П.О. 171
 Тимаров А.Г. 82, 100
 Тимофеев М.А. 156
 Тимофеев Н.С. 106, 131
 Тимофеев П.А. 603
 Тимохин Д.А. 616
 Тимушев С.Ф. 86, 97
 Типалин С.А. 515
 Титеев А.М. 198
 Титов В.А. 609
 Титов Е.И. 37
 Титов Ю.П. 261
 Тихонов А.И. 683, 684, 687, 689, 691, 692, 695
 Тихонов Г.В. 633, 634, 639
 Тихонов Г.Г. 652
 Тихонов М.А. 151
 Тихонова О.Н. 510
 Тишков С.В. 876
 Ткачев С.С. 493
 Ткачук М.О. 416
 Токарчук О.Ю. 410
 Токачев Д.А. 110
 Толбаева З.Е. 832
 Торгашов А.А. 722
 Торпачев А.В. 412, 424
 Трубаров И.С. 549
 Тотменина Е.С. 91
 Трахман Р.А. 418
 Трегулов Д.Ф. 111
 Третьякова М.Ф. 211, 456
 Тришина С.А. 674
 Троицкий А.Н. 494
 Трофимова Е.И. 198
 Трусевич Ю.В. 70, 92
 Тузиков С.А. 384
 Тукалов Д.Т. 849
 Туманова Т.С. 419
 Туманян О.А. 51
 Тупицын Д.В. 850
 Туряк В.В. 426

Тху Аунг Хан 25
 Тяглик М.С. 6
 Тяпкин П.С. 360
У

Уваров К.Ф. 132
 Угольников М.В. 495
 Удальцова Д.А. 695
 Ульяновки А.И. 448
 Ульянова Н.В. 13, 49
 Умрюхин Е.А. 297
 Уртаев И.Д. 465
 Урубков В.С. 298
 Усенко Д.Е. 165, 177, 199
 Устинов К.А. 133
 Уткина Д.Ю. 559, 569, 573
 Ушаков А.В. 653
 Ушаков В.В. 409
 Ушаков И.О. 38
 Ушаков П.В. 79
 Ушкар М.Н. 352
Ф

Фадеев Д.В. 751
 Фадеев М.М. 299
 Фадеев Н.Д. 53
 Фадеева Е.А. 53
 Фараносов Г.А. 492
 Федорцов Р.С. 524
 Федосова У.С. 696
 Федотов А.А. 5
 Федотова М.А. 683, 698
 Феклистова А.А. 224
 Феоктистова О.Г. 191
 Фетисов Е.В. 280
 Филаретова А.А. 466
 Филатов Н.И. 225, 301
 Филинов В.О. 532
 Филинов Е.П. 80
 Филиппенкова В.И. 697
 Фозилов Т.Т. 42, 574
 Фомичев А.В. 146
 Фомичев В.А. 265, 279, 298
 Фомичёва И.Н. 593
 Французова Д.Е. 654
 Фридман В.Д. 653

Фролов В.А. 664
Фролова В.В. 698
Фролова Ю.В. 93
Фуканчик Т.С. 482
Х

Хажакян В.О. 26
Хакимов Д.А. 200
Халиулин В.И. 602
Халтаева Ю.С. 407
Халков О.М. 578
Харитоненков А.И. 233
Харламов А.Н. 361
Харченко Б.В. 169, 201
Харчук С.И. 485, 489
Хасиева М.А. 715
Хатунцев Я.Г. 5
Хаустов А.И. 428
Хахин М.С. 202
Хахина П.М. 361
Хлебников Л.Б. 655
Ходева С.И. 607
Холондач П.О. 44, 55
Хомутская О.В. 240, 626, 642
Хопин П.Н. 127
Хорев Т.С. 270
Хорошилов А.А. 166
Хорошко А.Л. 302
Хохлова А.Ю. 55
Храпов А.А. 302
Хрулев П.А. 203
Хунузиди Е. 809
Ц

Цай А.В. 851
Цапенков К.Д. 94, 98
Царева У.С. 608
Цатурьян К.А. 225
Цветков В.А. 350
Цветков В.Э. 226
Цымбалов Д.С. 870
Цырков Г.А. 198, 250, 258, 278, 292
Ч

Чайка Н.К. 627, 640, 645, 655, 658
Чаплина Е.С. 595
Чванова М.С. 260

Чекан А.А. 679
Чекин А.Ю. 318, 322
Чекина Е.А. 505, 510
Чекулов В.Р. 357, 361
Челпанов А.В. 177, 192, 194
Чемоданов В.Б. 174, 269
Червоненко С.С. 863
Червяков А.А. 598
Черепанов Д.А. 50, 343
Чернаков А.Д. 303
Черненко О.С. 157
Черненко Д.В. 575
Черненко Т.В. 575
Черникова О.А. 292
Черницын А.Е. 656
Чернова М.Ю. 420
Чернышов М.А. 304
Черняева И.Ю. 376
Черняева М.Ю. 376
Ческидов В.П. 533
Чечет И.В. 497
Чечиков Ю.Б. 183
Чечурова М.Д. 729
Чжоу Ц.Н. 699
Чжэн Тяньци 819
Чигуров И.О. 375, 377
Чижики А.П. 141, 204
Чижов И.А. 531
Чудин С.А. 852
Чулков М.В. 39
Ш

Шабалин Л.П. 491, 546
Шавелкин Д.С. 55
Шаговская В.С. 609
Шакин А.Д. 658
Шалашова Д.Л. 375, 377
Шалин А.В. 570
Шалынков С.А. 27
Шаляев И.Д. 362
Шамова Д.Ю. 658
Шангин И.А. 439, 446
Шапагин А.В. 535, 580, 597, 610
Шаповалов Р.В. 387

Шарафиев А.Ф. 164
Шаров К.И. 610
Шаукенов М.С. 823
Шварёв Д.А. 162
Шведов А.В. 376
Шведов М.Ю. 871
Швецов И.А. 306
Шевко А.В. 752
Шевцов А.В. 703, 704, 714, 716
Шевцов Д.А. 315, 321
Шевцов С.А. 804
Шевченко В.С. 804
Шевченко С.Р. 576
Шейна М.А. 437, 443, 448
Шейпак О.А. 754, 800
Шеломенцев И.В. 611
Шеляка М.И. 577
Шепелева А.Э. 378
Шереметьев А.О. 392
Шестаков В.К. 457
Шестерня В.И. 551
Шеститко К.В. 158
Шестихин Н.А. 307
Шестопалова О.Л. 820, 823, 840, 841, 848, 852
Шилин П.Д. 489
Шилкова А.А. 613
Шилов М.С. 64, 85, 96
Шингарева Я.И. 733
Широбоков М.Г. 500, 504
Широкий П.О. 39
Широков А.И. 55
Широков М.В. 40
Широкожухова А.А. 133
Ширяев В.А. 363
Ширяев П.И. 308
Ширяева А.А. 786
Шишов Д.М. 334
Шкарупина В.В. 873
Шкобара И.В. 577
Шкрёдов М.А. 309
Шлапаков Е.В. 310
Шляпцева А.Д. 530

Шматок А.Н. 311
 Шмачилин П.А. 357
 Шоронов С.В. 97
 Шпарталов К.С. 853
 Шпилевой А.Д. 431,
 457
 Шпихернюк А.А. 421
 Штатнова В.С. 578
 Штырлов А.Е. 98
 Шулика В.К. 364
 Шульц Б.Е. 206
 Шурыгин С.А. 159
 Шушакова М.М. 787
Щ

Щелокова А.О. 548
 Щербаков А.И. 12
 Щипков Н.А. 754
 Щур П.А. 366, 367,
 370, 371, 372, 373

Э

Эзугбая Г.Д. 98
 Эйсмонт Н.А. 157
 Эрбис А.М. 312
 Эрдандэс М.М. 94
Ю

Югай А.Д. 723
 Юдинцев А.Г. 319,
 324
 Юманов А.К. 407,
 422
 Юнина Д.В. 789
 Юрьев А.И. 454
 Юсупов Т.М. 313
 Юхневич С.С. 133

Я

Яблокова В.В. 659
 Яблонский А.Н. 491
 Ягов В.В. 59, 67
 Яковлева С.А. 791
 Якушкина Н.В. 859,
 864, 866, 867
 Янин Д.М. 660
 Янко М.А. 517
 Ярославцева О.М.
 45
 Яроцкий А.И. 449
 Ярулин Э.Р. 313
 Ясенцев Д.А. 340,
 359, 362
 Ястребов В.В. 94
 Яценко М.Ю. 406,
 423, 424
 Яшина М.В. 509



**Сборник тезисов работ международной молодёжной
научной конференции L Гагаринские чтения 2024**

Издательство «Перо»
109052, Москва, Нижегородская ул., д. 29-33, стр. 27, ком. 105
Тел.: (495) 973-72-28, 665-34-36
Подписано к использованию 13.06.2024.
Объем 9,43 Мбайт. Электрон. текстовые данные. Заказ 612.